



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

CONVERSIÓN DE UN MOTOR CHEVROLET 4ZE-1 DE CARBURADOR A INYECCIÓN ELECTRÓNICA PARA MITIGACIÓN DE EMISIONES.

PASPUEL ALMEIDA EDWIN RAMIRO

DIRECTOR: MSc. ZAMIR ANDRES MERA ROSERO

IBARRA 2021

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “Conversión de un motor Chevrolet 4ze-1 de carburador a inyección electrónica para mitigación de emisiones” presentado por el señor Paspuel Almeida Edwin Ramiro con número de cédula 0401634993, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 15 días del mes de octubre de 2021

Atentamente



MSc. Zamir Andrés Mera Rosero

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040163499-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Paspuel Almeida Edwin Ramiro		
DIRECCIÓN:	Ibarra- Imbabura		
EMAIL:	erpaspuela@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062287-531	TELÉFONO MÓVIL:	0996492857

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Conversión de un motor Chevrolet 4ze-1 de carburador a inyección electrónica para mitigación de emisiones.
AUTOR (ES):	Paspuel Almeida Edwin Ramiro
FECHA: DD/MM/AAAA	20/10/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en mantenimiento automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Zamir Andres Mera Rosero PHD.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de octubre del 2021

EL AUTOR:

Paspuel Almeida Edwin Ramiro

DEDICATORIA

Dedico con todo mi afecto posible a quienes han sido cimiento y columnas en mi vida, mis padres, quienes con amorosa dedicación han puesto en mis manos la oportunidad de servir a la sociedad desde mi rol profesional de ingeniero en Mantenimiento Automotriz.

A mi esposa Patricia Suarez con todo amor y cariño por creer en mis capacidades de obtener una carrera para nuestro futuro y que siempre ha estado brindándome su apoyo y comprensión.

A mi querido hijo Francisco Gabriel por ser la fuente de inspiración y motivación de salir siempre de cualquier dificultad y superarme cada día más por el bienestar y felicidad de mi hogar.

A mi suegro y amigo, por colaborarme de una u otra forma para realizar con facilidad mis actividades académicas y de trabajo durante estos años.

Dedico entrañablemente a mis amigos, hermanos, familiares, compañeros presentes y pasados que de alguna u otra manera me apoyaron con sus conocimientos, en esta etapa de mi vida para que este sueño se me haga realidad.

Edwin Paspuel

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento, por brindarme una educación profesional de calidad, a la Universidad Técnica del Norte, en especial a mis dedicados y estudiosos profesores, cuyos conocimientos y ética trataron siempre de inculcarme; también a las autoridades, tanto de la carrera, como de la facultad y de la universidad, pues con su trabajo es que esta Universidad tiene el prestigio de acreditada y es algo que me beneficia en gran manera.

Edwin Paspuel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
Resumen	11
Introducción.....	13
1.Revisión Bibliográfica.....	1
1.1. Objetivo General.....	1
1.2. Objetivos Específicos	1
1.3. Justificación	1
1.4. Situación tecnológica en el País.....	1
1.5. Breve historia de la inyección.....	3
1.6. Sistema de inyección electrónica.....	4
1.6.1. Unidad de control electrónico Ecu	5
1.6.2. Algoritmo de dosado	6
1.7. Clasificación de los sistemas de inyección	8
1.8. Elementos del sistema de inyección electrónica.....	10
1.8.1. Sensores	10
1.8.2. Sensores de señal analoga.....	10
1.8.2.1. Sensor Maf.....	11
1.8.2.2. Sensor Map	12
1.8.2.3. Sensor Tps	12
1.8.3. Sensores de señal digital.....	14
1.8.3.1. Sensor Ckp.....	14
1.8.4. Actuadores	16
1.8.4.1. Actuador del régimen de ralentí	16
1.8.4.2. Inyectores	17

1.8.4.3.	Bobinas de encendido.....	18
1.9.	Raspberry Pi.....	19
2.1	Materiales.....	20
2.2	Métodos	22
2.2.1	Instalación del sistema operativo en la Raspberry Pi	22
2.2.2	Configuración de la Raspberry como Router	23
3	Resultados y Discusión.....	24
3.1	Diagnóstico	24
3.2	Implementación del sistema de electrónica al motor Chevrolet	25
3.2.1	Montaje de elementos del sistema Itb	25
3.2.2	Interconexión de los elementos del sistema de inyección el esquema muestra la interrelación eléctrica de todos los elementos del sistema Itb.....	27
3.3	Instalación de la Ecu	29
3.4	Implementación de la Raspberry Pi	32
3.4.1	Programación de la raspberry para el acceso desde un dispositivo móvil.....	34
3.4.2	Diagrama de conexiones de la Raspberry Pi	35
3.5	Pruebas De funcionamiento del sistema de inyección electrónica	36
3.6	Programacion de la ecu	39
3.7	Prueba de emisiones.....	44
4	Conclusiones y Recomendaciones.....	44
4.1	Conclusiones.....	44
4.2	. Recomendaciones	45
	Referencias	46
	Anexos	49
	Programa De Configuración De Raspberry Como Router	50
	Fotografías Del Proceso De Montaje Y Pruebas	53

INDICE DE FIGURAS

FIGURA NUM.	PÁGINA
Figura 1.1 Esquema industria automotriz ecuatoriana	2
Figura 1.2 Producción de vehículos ensamblados período 2000-2017	3
Figura 1.3 Sistema de inyección electrónica	5
Figura 1.4: Sistema de dosado de combustible: lazo cerrado lambda.....	7
Figura 1.5 Inyección monopunto e inyección indirecta multipunto.....	9
Figura 1.6 Sensor MAF	11
Figura 1.7 Sensor MAP	12
Figura 1.8 TPS sin ralenti	13
Figura 1.9 Sensor TPS con interruptor ralenti.....	13
Figura 1.10 Señales de sensores Hall	14
Figura 1.11 Señal del tipo hall en sensor CKP	15
Figura 1.12 Actuador de paso de aire ralenti (IAC)	16
Figura 1.13 Ubicación de la válvula IAC	16
Figura 1.14 partes del inyector	17
Figura 1.15 Riel de inyectores.....	18
Figura 1.16 Bobinas para sistemas de inyección.....	18
Figura 1.17 Placa Raspberry Pi 2 Model B+	19
Figura 3.1 Montaje de elementos del sistema de inyección	25
Figura 3.2 Rueda fónica.....	26
Figura 3.3 Cuerpo de aceleración	26
Figura 3.4 sistema ITB	26
Figura 3.5 Diagrama eléctrico del sistema de inyección (PSM, SF).....	27
Figura 3.6 Computadora del motor.....	29

Figura 3.7 Opción de búsqueda de instalación	29
Figura 3.8 Empieza la programación.....	30
Figura 3.9 Detección del puerto	30
Figura 3.10 Selección de escalas	31
Figura 3.11 Selección de parámetros.....	31
Figura 3.12 Raspberri PI.....	32
Figura 3.13 Men Raspcontroller.....	33
Figura 3.14 Control GPIO	34
Figura 3.15 Cableado Raspberry PI.....	35
Figura 3.16 Pulso de inyección	36
Figura 3.17 Oscilograma del pulso de ignición de bobina.	37
Figura 3.18 Oscilograma sensor CKP	37
Figura 3.19 Señal del TPS	38
Figura 3.20 Lectura de la prueba con multímetro del sensor ECT.....	38
Figura 3.21 Tiempo de latencia del inyector	39
Figura 3.22 Relación aire combustible- TPS- RPM.....	39
Figura 3.23 Carga de combustible- TPS RPM	40
Figura 3.24Limitador de RPM.....	40
Figura 3.25 Set Up parámetros varios	41
Figura 3.26 Ángulo de adelanto/ Retraso chispa - temperatura	41
Figura 3.27 Carga de arranque, TPS- RPM.....	42
Figura 3.28 Mapa Carga de combustible-TPS_RPM	42
Figura 3.29 Mapa relación aire combustible- lambda-RPM	43
Figura 0.1 Motor antes de ser transformado y su base	53
Figura 0.2. Pruebas de funcionamiento	53
Figura 0.3 Motor en el banco, antes de ser transformado.....	54
Figura 0.4 Autor y el motor ya transformado al fondo.....	54

Figura 0.5 Instalando controlador Raspberry pi	55
Figura 0.6 Conectando puertos GPIO	55

INDICE DE TABLAS

TABLA NUM.	PAGINA
Tabla 1.1 Emisiones de contaminantes en g/Km, según la tecnología.....	4
Tabla 3.1 Emisiones Motor Chevrolet.....	24
Tabla 3.2 Emisiones permisibles según INEN 2204	24
Tabla 3.3 Colores utilizados al conectar el cableado.....	28
Tabla 3.4 Análisis de gases de escape	44

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PAGINA
Programa de configuración de Raspberry como Router.....	50
Fotografías del proceso de montaje y pruebas	53
Ubicando controlador Raspberry Pi para el encendido remoto del motor	55

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue cambiar de sistema de carburador a sistema de inyección multipunto, a un motor Chevrolet y acoplar una computadora para el encendido del motor. Este trabajo se hizo para mostrar las adaptaciones tecnológicas implicadas, como son el riel de inyectores, los inyectores, un múltiple de admisión adecuado, sensores de velocidad RPM, de posición del cigüeñal CKP, de presión absoluta en el múltiple de admisión MAP, de oxígeno (λ), y también los actuadores, como la bobina y por supuesto la ECU. Antes de desmontar el sistema de carburador, se realizó una prueba de emisiones. Se procedió a desmontar los sistemas del motor y reemplazarlos por el nuevo sistema, acoplándolos a una base construida para este propósito, pues es un motor didáctico. La metodología seguida en este trabajo fue tecnológica, consistente en procedimientos técnicos precisos, que llevaron al correcto funcionamiento del motor. Se instaló la ECU, de acuerdo a las instrucciones del fabricante de la MEGA SQUIRT 2 PRO, y se realizaron pruebas de funcionamiento, las cuales dieron las pautas para realizar los ajustes necesarios para que el motor funcione correctamente. Se conectó la Raspberry PI para el encendido remoto del motor, previa instalación del programa pertinente. Se realizó una prueba de emisiones, la misma que resultó satisfactoria, no obstante que esta ECU es una computadora programable con fines de competición y su objetivo es la potencia, más no la eficiencia, es decir, no es tan importante el control estricto de la relación estequiométrica ideal. Puesto que las pruebas de emisiones estuvieron dentro de lo normal, se concluyó que se consiguió el objetivo de adaptar el sistema de inyección a este motor a carburador con todos los elementos mecánicos adecuados y los sensores necesarios para que la computadora regule su trabajo acorde a las demandas de carga, logrando a la vez un funcionamiento adecuado del motor, como lo demostraron las pruebas de funcionamiento de los sensores.

ABSTRACT

The objective of this work was to change from a carburetor system to a multipoint injection system, to a Chevrolet engine and to connect a computer to start the engine. This work was done to show the technological adaptations involved, such as the injector rail, the injectors, a suitable intake manifold, RPM speed sensors, crankshaft position CKP, of absolute pressure in the intake manifold MAP, of oxygen (λ), and also the actuators, such as the coil, IAC and of course the ECU. Before dismantling the carburetor system, an emissions test was carried out. We proceeded to disassemble the engine systems and replace them with the new system, coupling them to a base built for this purpose, as it is a didactic engine. The methodology followed in this work was technological, consisting of precise technical procedures, which led to the correct operation of the engine, The ECU was installed, according to the instructions of the manufacturer of the MEGA SQUIRT 2 PRO, and performance tests were carried out, which gave the guidelines to make the necessary adjustments so that the engine works correctly. The Raspberry pi was connected for the remote ignition of the motor, after installation of the relevant program. Emissions tests were conducted that were satisfactory. Although because this ECU is a programmable computer for competition purposes, its objective is the power and not the strict control of the ideal stoichiometric ratio. Since the emission tests were within normal limits, it was concluded that the objective of adapting the injection system to this carburetor engine with all the appropriate mechanical elements and the sensors necessary for the computer to regulate its work according to the load demands, achieving at the same time, an adequate functioning of the motor, as demonstrated by the performance tests of the sensor.

INTRODUCCIÓN

Los avances de la tecnología automotriz, se refieren a los nuevos sistemas de control de la combustión, a la seguridad del pasajero, a la eficiencia del consumo de combustible y a otros sistemas que varían según el tipo de vehículo.

En contraste al desarrollo tecnológico, en nuestro país, aún se tienen muchos vehículos con sistemas a carburador, que son sistemas contaminantes porque no ajustan constantemente la relación estequiométrica, como lo hace el sistema de inyección electrónica.

El sistema de inyección electrónica se ha desarrollado y por tanto es fácil encontrar vehículos con sistemas que representan su evolución, es decir, inyección monopunto, y multipunto, inyección continua e inyección discontinua, secuencial, y otras, que significan a la vez configuraciones tecnológicas características y nuevos dispositivos.

Aquí se trata sobre el cambio del sistema, de carburador a inyección electrónica, que servirá para mostrar las adaptaciones que se deben hacer para que un vehículo antiguo siga prestando un servicio, sin violar las leyes ambientales de nuestro país, al cual además se le dotara de una computadora MEGA SQUIRT 2 PRO y Raspberry PI, para el encendido remoto y que sirva para nuevas adaptaciones que se puedan hacer en materia de programación.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. OBJETIVO GENERAL

Conversión de un motor Chevrolet 4ze-1 de carburador a inyección electrónica para mitigación de emisiones.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar datos bibliográficos y tecnológicos con respecto al sistema de inyección electrónica
- Montar un motor Chevrolet a un banco y adaptar todos los elementos de un sistema de inyección electrónica.
- Programar los parámetros del motor para un óptimo funcionamiento del mismo.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo colabora con el medioambiente, en vista de que muchos vehículos aún tienen el sistema de carburador, que se descalibra frecuentemente, por lo que es necesario mejorar dicha tecnología reemplazándola por la de la inyección electrónica, que toma en cuenta las variaciones de carga cada instante y regula la inyección de combustible para tener una relación estequiométrica lo más cercana a la ideal y con ello disminuir las emisiones contaminantes.

Este proyecto sirve para demostrar que el sistema de inyección electrónica permite controlar el paso de combustible y a su vez disminuir los gases contaminantes, puesto que es un tema de control por parte de las autoridades de tránsito y un asunto de responsabilidad social.

El aspecto tecnológico del proyecto es para poner a disposición la computadora MEGA SQUIRT 2 PRO para el encendido del motor como un primer paso, pues posteriormente, los estudiantes de la carrera pueden continuar programando más parámetros del motor.

1.4. SITUACIÓN TECNOLÓGICA EN EL PAÍS

En el Ecuador, no existe una industria automotriz completamente desarrollada, es más bien una industria de ensamblaje, cuya situación es reportada por la Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana (CINAE), que agrupa a los ensambladores y concesionarios de

vehículos. Según el anuario del 2018, se tiene el siguiente esquema del encadenamiento automotriz, que se puede apreciar en la siguiente Figura 1.1 (CINAE, 2018).

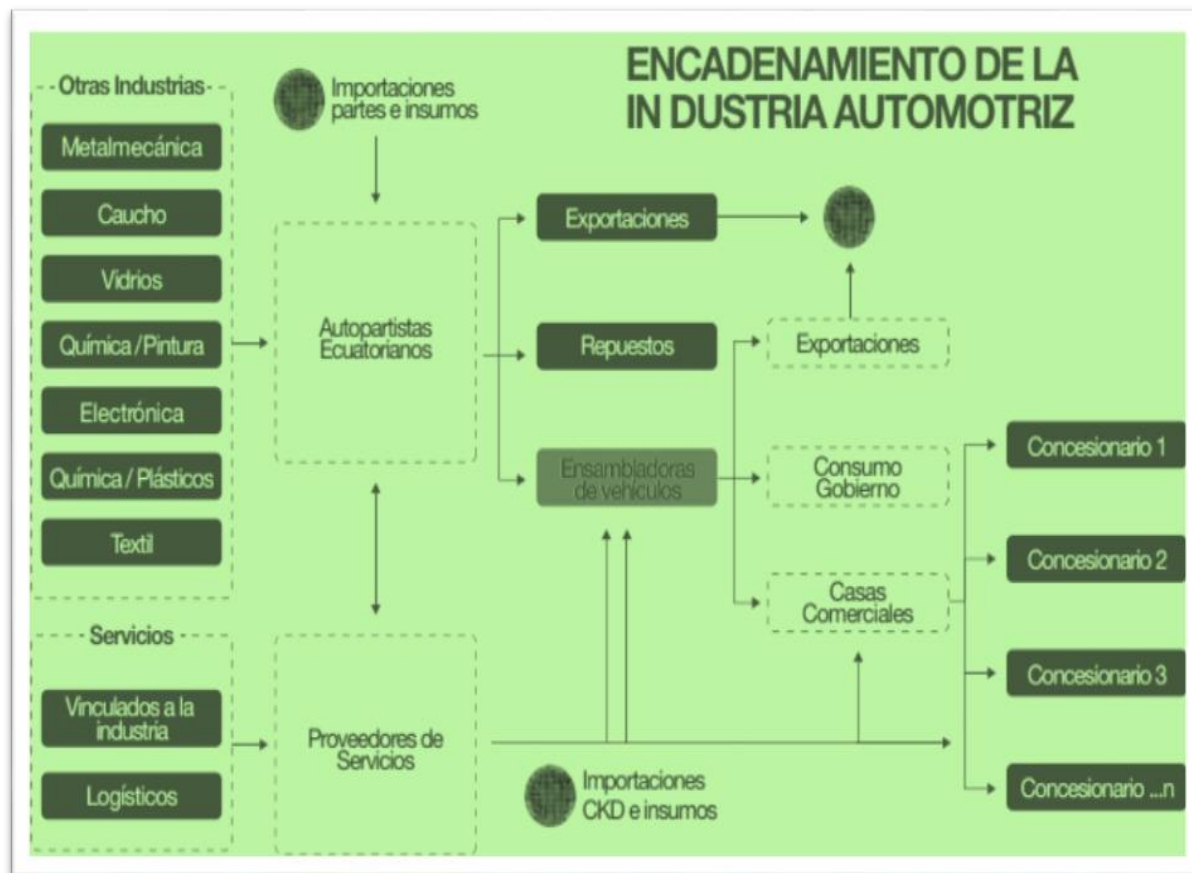


Figura 1.1 Esquema industria automotriz ecuatoriana

(CINAE, 2018)

Esta industria se sustenta en tres pilares: los ensambladores, los fabricantes nacionales de piezas y partes, y el gobierno, del cual demandan actualmente algunas concesiones arancelarias, políticas, así como normativas económicas y tributarias claras y estables (CINAE, 2018).

La organización manifiesta que el ensamblaje de vehículos por marca, ha tenido un crecimiento sostenido hasta el año 2012, en que se produjo su máximo y que debido a las fluctuaciones propias del mercado ha descendido la producción hasta el año 2016, debido a la depresión del comercio mundial, pero que a partir de ese año empezó de nuevo a crecer, como puede apreciarse en la Figura 1.2

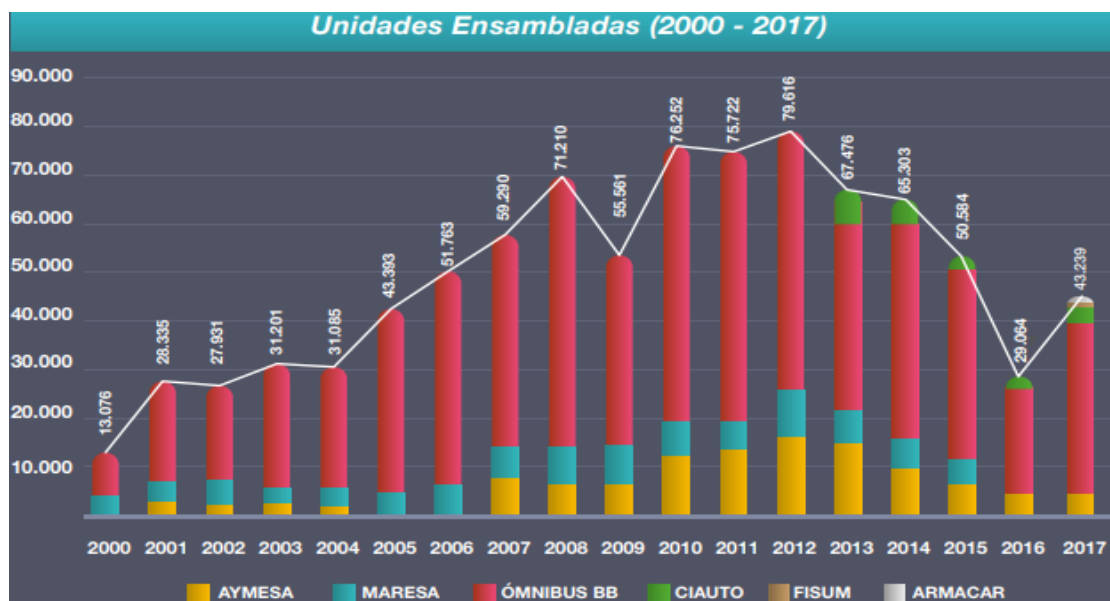


Figura 1.2 Producción de vehículos ensamblados período 2000-2017

(CINAE, 2018)

La situación de la producción de sistemas electrónicos en el país es nula, debido a que la sofisticación creciente de estos requiere inversiones grandes, con tecnología avanzada y que además se adapte a los rápidos cambios, a pesar de que existe una gran demanda.

En cuanto a sistemas de inyección, existe la empresa DUAP que fabrica sistemas de inyección para motores de encendido por compresión, pero no para los de gasolina, y da servicio a los grandes consumidores de diésel como barcos o empresas. (DUAP ECUADOR).

A pesar de que existen muchos estudios experimentales en las universidades, la industria ecuatoriana no ha invertido en la implementación, desarrollo, producción y comercialización de sistemas electrónicos.

1.5. BREVE HISTORIA DE LA INYECCIÓN

Los estudios de la carburación iniciaron en 1795, Robert Street logró la evaporación de combustible en un motor atmosférico, pero en 1824 fue cuando Samuel Morey y Erskine Hazard crearon el primer carburador para este tipo de motor, el primer ensayo de la inyección de combustible, se llevó a cabo en un motor estacionario. Franz Burger, implementó un sistema de inyección de combustible que se alimentaba por gravedad,

directamente al cuerpo inyector a través de una válvula de estrangulación. (Barbecho F., 2010)

De igual manera, Maybach, Benz y otros, desarrollaron un alto nivel en la tecnología del carburador y presentaron el carburador de chorro de rocío controlado por un flotador.

Durante la segunda guerra mundial la inyección de combustible se aplicó en aeronaves, Strombergb presentó un carburador sin flotador e incorpora un solenoide eléctrico para controlar el flujo del combustible hacia el motor.

Con la investigación aérea nació la inyección electrónica de combustible moderna en el automóvil y en 1949 un auto equipado con sistema de inyección directa, diseñado por Stuart Hilborn participó en la carrera de Indianápolis 500. (Jara, 2011)

Con la mezcla ajustada se obtiene un menor consumo y mayor potencia, además de disminuir considerablemente las emisiones de gases contaminantes.

La ubicación de los inyectores clasifica los sistemas de inyección en sistemas directos o indirectos; por su número de inyectores, en multipuntos (MPFI) o mono puntos (TBI); y por la forma de inyección, en secuenciales, semi secuenciales o simultáneos. (Virtual, 2017)

En la siguiente tabla se muestra la diferencia que existe en los niveles de emisión de las diferentes tecnologías aplicadas en sistemas de alimentación de combustible, entre ellas; carburador, inyección electrónica monopunto y multipunto.

Tabla 1.1 Emisiones de contaminantes en g/Km, según la tecnología

gr/km	Carburador	Inyección electrónica monopunto	Inyección electrónica multipunto	Promedio general
CO	55	36	12	20,2
NO2	2,3	1,7	1,0	1,3
HC	7,1	3,1	1,2	2,4
CO2	261	283	272	271

(Castells, 2000)

1.6. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

El sistema de inyección, comandado por la unidad de control electrónico (ECU) es el encargado de medir y monitorear el funcionamiento del motor, en particular el caudal de aire

atmosférico aspirado para dosificar la cantidad de combustible adecuada en cada régimen del motor, para que la combustión sea lo más completa posible, es decir una mezcla estequiométrica lo más cercana a lo ideal, hablando del parámetro pertinente, el factor lambda debe estar cerca de 1.

1.6.1. UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO ECU

El sistema de inyección electrónica a gasolina, funciona por un computador principal conocido como ECU (unidad de control electrónico) mismo que es el encargado de recibir las señales eléctricas emitidas por los sensores, para compararlas con los parámetros que se encuentran establecidos por el fabricante, y determinar las correcciones necesarias que se deben ejercer sobre los actuadores (inyectores) para lograr un óptimo desempeño del motor.

En la Figura 1.3 se puede apreciar la relación entre los diferentes elementos del sistema de inyección, el elemento de control o ECU y las entradas o salidas. Entre las entradas están los sensores de caudal de aire y su temperatura, el de temperatura del motor, los que miden la posición de la mariposa, entre los más importantes y que tienen que ver directamente con la combustión. Todos estos sensores emiten señales de tensión a la computadora para que esta evalúe las variables de combustión en su unidad de procesamiento.

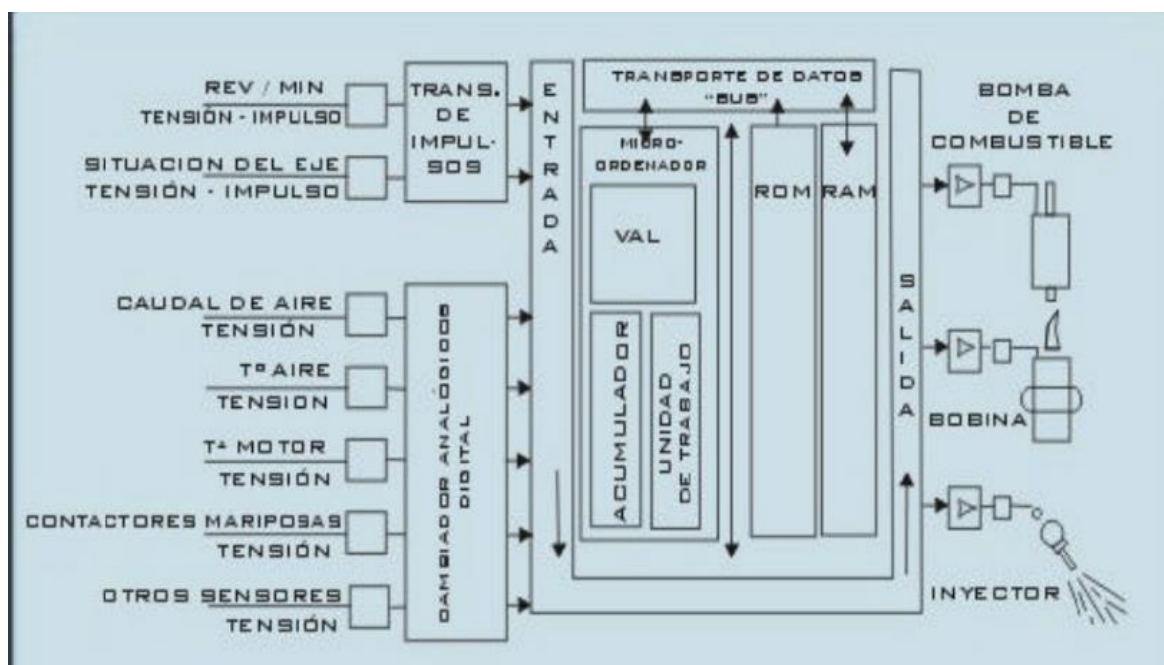


Figura 1.3 Sistema de inyección electrónica

(Salazar, 2001)

Otro tipo de sensores, como el de número de revoluciones y posición de eje, son enviadas como pulsos para que la computadora evalúe la frecuencia y amplitud de la inyección e ignición.

Las señales de salida, hacia los actuadores salen como valores de tensión y van dirigidas hacia la bobina de encendido para controlar los tiempos de salto de la chispa, la bomba de combustible para regular la presión, además una señal directa a los inyectores para regular el tiempo de apertura.

El computador que controla la inyección de combustible es llamado comúnmente módulo o unidad de control electrónica (E.C.U.) y controla las emisiones de gases del tubo de escape, para lograr la economía de combustible entre otros factores, ya que se encarga de monitorear constantemente las emanaciones de los gases, esto permite que si en un momento el motor trabaja por ejemplo con mezcla rica, esta señal será enviada a través del sensor de oxígeno a la E.C.U, éste variará el ingreso de combustible al motor, logrando que la mezcla sea estequiométrica (14,7:1); de la misma forma si la mezcla se empobrece, la E.C.U. recibirá la señal y variará nuevamente el ingreso de combustible al motor permitiendo así que la mezcla recupere su valor estequiométrico. El constante monitoreo de los gases del tubo de escape es lo que permite a la E.C.U variar la cantidad de combustible enviada al motor, consiguiendo que la mezcla de aire combustible sea permanentemente la ideal 14,7:1 de esta forma se obtiene un quemado de la mezcla prácticamente por completo, consiguiendo más potencia, mayor rendimiento y menor contaminación. Si a esto agregamos un catalizador encargado de transformar (cambiar químicamente) el contenido de los gases antes que salgan al medio ambiente se puede disponer de una máquina cómoda, segura y ecológicamente diseñada. (Manuel, s/f)

1.6.2. ALGORITMO DE DOSADO

Por lo dicho anteriormente, el motor necesita la regulación de tres parámetros básicos, aire, gasolina y chispa. Para controlarlos, la ECU puede emplear uno de estos tres sistemas: Alpha -N, speed density o mass flow.

El primero, Alpha -N, calcula la cantidad de combustible en base a la velocidad del motor y el ángulo de apertura de la mariposa, suponiendo que la carga de combustible es una función de estos dos parámetros, el fabricante construye una tabla, carga vs rpm que está en la base de datos de la computadora. Este sistema se utiliza en los motores con un amplio rango de

Lógicamente el sistema mass flow es más preciso, porque no calcula, sino que mide el flujo de aire que ingresa al motor y con este dato la cantidad de combustible aportada será la que más se acerque a la relación estequiométrica ideal, mientras que sistema alpha N , tiene la ventaja de la simplicidad y rapidez de reacción de la ECU, porque sólo compara con su base de datos para proporcionar la cantidad de combustible, sin importar que tanto contaminantes sean los gases de escape por una mala relación estequiométrica.

Uno de los sistemas de dosado del combustible es el sistema de control lambda en lazo cerrado, que consiste básicamente en el siguiente algoritmo:

1. Cálculo de la masa de aire, sea directamente con un caudalímetro o indirectamente a partir del régimen de giro y un parámetro representativo del régimen de carga, como puede ser el ángulo de la mariposa o la presión absoluta en el colector de admisión.
2. Cálculo del caudal máscico del combustible. Este se realiza en lazo abierto y en dos fases: En la primera se calcula un valor estático y dado que el dosado deseado es constante, se multiplica el caudal de aire por un factor. En la segunda fase se realizan correcciones para compensar la dinámica del sistema, mediante otras variables adicionales, como la temperatura del aire, temperatura del refrigerante del motor, primera derivada del ángulo de la mariposa, etc.
3. Cálculo del tiempo de inyección. En el caso de un sistema discontinuo, donde el inyector abre por completo durante una parte del ciclo, el tiempo es una función del caudal de combustible requerido.
4. Cálculo del dosado real, a partir de la concentración de oxígeno en los gases de escape. Si el sensor es del tipo lineal, se tendrá información sobre el valor de lambda, pero si es binario, sólo se sabrá el sentido de la desviación (rica o pobre)
5. Corrección del tiempo de inyección, a partir del error, cerrando el lazo mediante controlador P, o I o PI (Nevot, s/f)

1.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN

Los sistemas de inyección se clasifican en cuatro apartados: según el número de inyectores, la ubicación de los mismos, por la manera de determinar la señal base y en relación al sistema de control y tiempo de funcionamiento (Parera, 1990).

La inyección mono punto es aquella que posee un solo inyector, el cual está ubicado en el colector de admisión e inyecta combustible con una frecuencia adecuada para que alimente a

todos los cilindros los mismos que aspiran la mezcla en la carrera de admisión. La inyección indirecta multipunto ubica los inyectores en el propio colector de admisión, con lo cual el combustible entra en contacto con el aire y se mezcla antes de entrar al cilindro; la mezcla ingresa antes de abrir la válvula de admisión. Si se necesita que la combustión sea completa, la apertura de válvulas, el tiempo de admisión y compresión, deberán estar sincronizados y la relación aire/combustible debe ser de 14,7/1 (Borja, 2014)

La inyección directa multipunto por el contrario se tiene cuando hay un inyector para cada cilindro, ubicado directamente en la cámara de combustión; el motor aspira solamente aire y lo comprime a una gran presión, instante en el que se inyecta el combustible, dando con ello una mayor relación de compresión, mejor arranque en frío, menor ralentí, menor temperatura del motor, aunque la desventaja principal es el poco control de los óxidos de nitrógeno. (Haya, 2015). Este tipo de inyección actualmente ha superado algunos problemas y se está usando en vehículos de gama media.

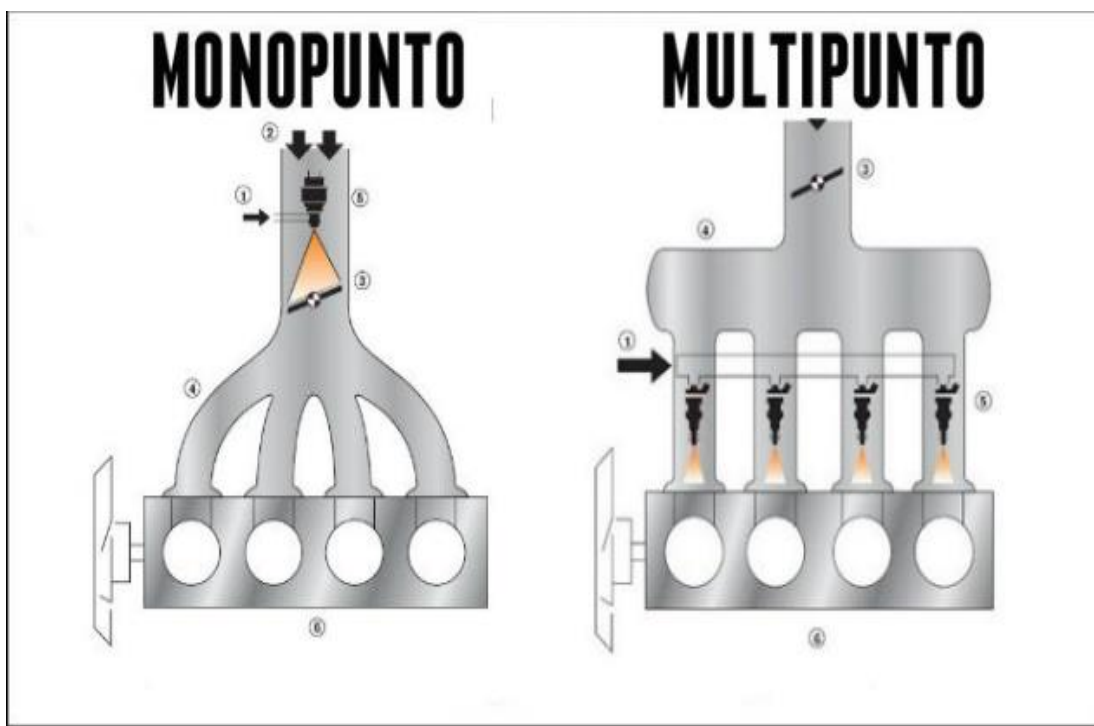


Figura 1.5 Inyección monopunto e inyección indirecta multipunto

Fuente (Buendia, 2017)

Existen sistemas de inyección que determinan los parámetros de la inyección con métodos de balanza hidráulica, de depresión, por caudal de aire e integrales y finalmente, los sistemas de control y tiempo de accionamiento de los inyectores se realizan con la computadora, que determina los tiempos de apertura, creando ya sea una inyección continua, simultánea o secuencial entre las más comunes. (Molina & Bety, 2007)

1.8. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

1.8.1. SENSORES

Un sensor es un dispositivo que detecta variaciones de alguna magnitud física, o química, por ejemplo la presión, temperatura, caudal, número de revoluciones, ángulo, presencia de oxígeno o hidrocarburos, otros y los transforma en señales eléctricas como por ejemplo voltaje, el cual es procesado por la computadora para que envíe una señal de respuesta, generalmente un valor de tensión, a otros elementos llamados actuadores, que son los que responden a los requerimientos de trabajo del vehículo.

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases: - Un fenómeno físico es captado por un sensor y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física. - la señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de la señal cuya salida es un voltaje. -El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El conversor A/D transforma la señal continua en una señal discreta (Isa)

Los sensores en el automóvil se clasifican de acuerdo a su función y de acuerdo a la señal que envían a la ECU, entre estos encontramos los siguientes:

1.8.2. SENSORES DE SEÑAL ANÁLOGA

En el vehículo se encuentra sensores que proporcionan señales análogas que son las que determinan una variación de tensión en el tiempo, que además tiene la ventaja de poder ser representada en una gráfica por un equipo electrónico conocido como osciloscopio.

Esta variación es generada por el sensor al momento de transformar la magnitud física encontrada en el automóvil, como por ejemplo temperatura, presión, velocidad, entre otras,

las mismas que son transformadas en magnitudes eléctricas, que serán interpretadas por la ECU. Algunos de los sensores se describen a continuación y dependiendo de la tecnología pueden ser análogos si miden la variación del parámetro, pero si simplemente indican valores de apertura y cierre o encendido y apagado son digitales.

1.8.2.1. Sensor MAF

Este sensor por sus siglas en inglés (Mass Air Flow) es fundamental en el control de la relación estequiometría aire-combustible, pues es el encargado de medir el flujo de aire que atraviesa por el colector de admisión, la ECU recibe una señal de tensión que varía de acuerdo al flujo de aire y así ordena a los inyectores el tiempo de duración de la inyección de combustible, el cual se mide en milisegundos (ms.).



Figura 1.6 Sensor MAF

(OBDII)

El sensor cuenta internamente con un hilo fino conocido como hilo caliente, el cual se encuentra a una elevada temperatura y a medida que el aire aspirado lo atraviesa, se enfría, generando una variación de tensión en la señal de salida, lo que sirve de referencia para la interpretación de la ECU.

1.8.2.2.Sensor MAP

Este sensor por sus siglas en inglés (Manifold Absolute Pressure) es el encargado de medir la presión absoluta de aire en el múltiple de admisión y trabaja en conjunto con el sensor de posición del cigüeñal para determinar la inyección de combustible.

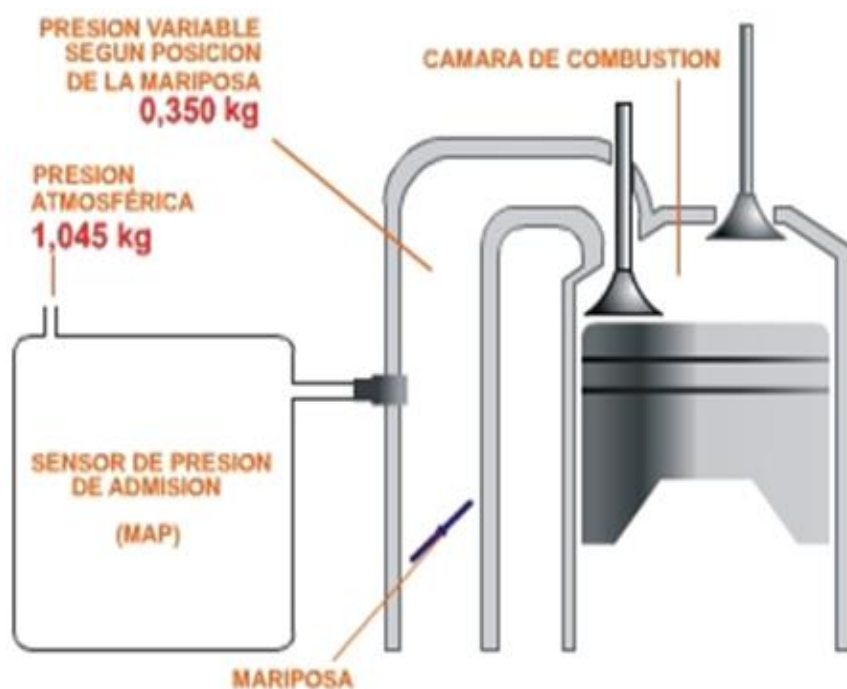


Figura 1.7 Sensor MAP

(Mecánica Fácil)

El sensor cuenta con un material piezoeléctrico que se aloja en una cápsula de silicón al vacío y al sufrir deformación por presión o depresión emite una señal variable de tensión o frecuencia dependiendo del tipo de sensor. Es importante garantizar el correcto funcionamiento de este sensor ya que de él depende si las mezclas que se generan pueden ser ricas o pobres, lo que afectará al consumo de combustible y al nivel de emisiones contaminantes.

1.8.2.3.Sensor TPS

Este sensor por sus siglas en inglés (Throttle Position Sensor) es el encargado de medir la posición en la que se encuentra la aleta de la mariposa, así, al conocer el ángulo de la aleta, se sabe si el acelerador se encuentra en posición de ralentí, carga media o plena carga y lo realiza con la ayuda de un potenciómetro incorporado, el cual varía la señal de tensión.

El TPS sin control de ralentí, que se ve en el siguiente esquema eléctrico, tiene sólo tres contactos y no se encarga de esa condición del motor, la cual se la hace por otros medios. Un terminal recibe la señal de referencia de 5V, el otro es de masa, mientras que el de la mitad es de la señal del sensor, que emite un voltaje entre 0,4 a 0.8 V (ralentí o acelerado) y en aceleración de 4.5 a 5 V.

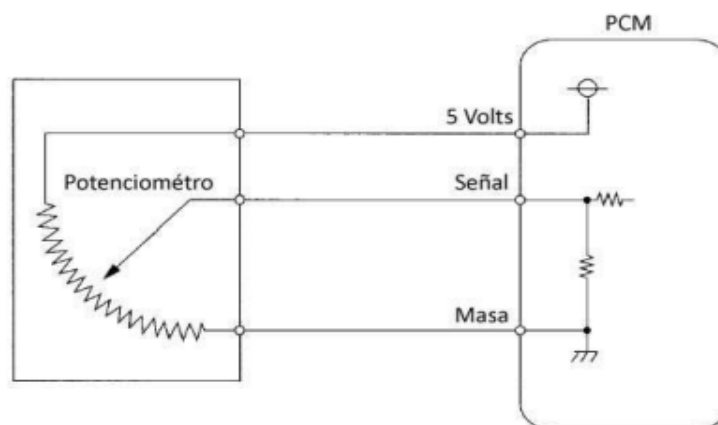


Figura 1.8 TPS sin ralentí

(Automecánico)

La siguiente Figura muestra el sensor, sus partes y la señal enviada a la ECU.

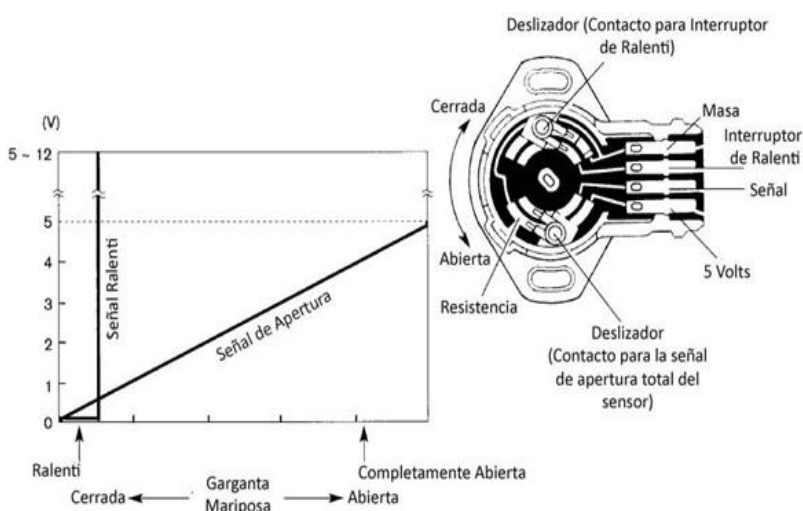


Figura 1.9 Sensor TPS con interruptor ralentí

(Booster)

1.8.3. SENSORES DE SEÑAL DIGITAL

Las señales digitales proporcionadas por los sensores del vehículo, al contrario que las analógicas son discontinuas en el tiempo, son comúnmente conocidas como señales de onda cuadrada o pulsátil en donde se toman en cuenta parámetros como; la altura del pulso es decir la tensión alcanzada, el ancho del pulso que se refiere al tiempo que dura esta tensión y la frecuencia, es decir cuántas veces se repite el pulso en un segundo, estas señales son proporcionadas por los sensores a la ECU, para el control del motor y el vehículo en general.

1.8.3.1.Sensor CKP

La siguiente figura muestra los tipos de señales de los sensores inductivos o digitales, se puede observar las diferentes ondas generadas, la inductiva muestra las variaciones de voltaje, mientras que las digitales se muestran como un máximo y un mínimo, o ceros y unos.

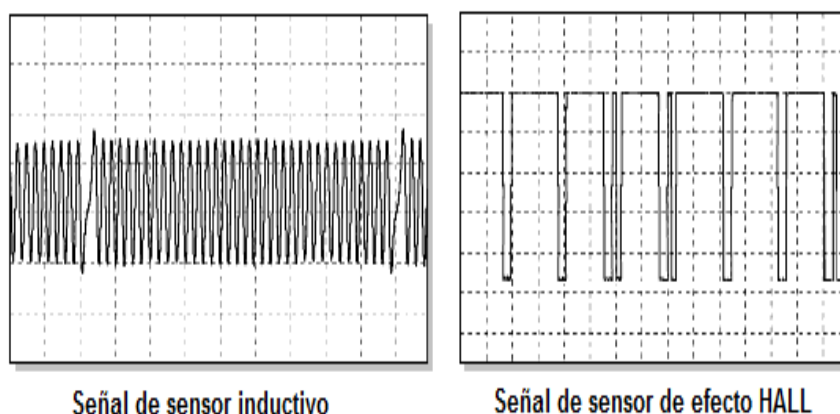


Figura 1.10 Señales de sensores Hall

(García D. , 2017)

Este sensor por sus siglas en inglés (Crankshaft Position Sensor) se encuentra en los vehículos de encendido electrónico y es el encargado de indicar la posición en la que se encuentra el cigüeñal del motor, como parte fundamental para la sincronización entre la posición de los pistones, tiempo de válvulas, pulso de inyección y salto de chispa, que debe realizarse en el momento propicio para garantizar un óptimo funcionamiento del motor, esto lo hace reportando el número de ranuras y secuencia que se encuentran preestablecidas por el fabricante en la polea del cigüeñal o en el volante de inercia.

Este sensor cuenta con un imán permanente que es alimentado con una tensión de 5v y se induce o corta su corriente al atravesar las ranuras generando pulsos de 0 V a 5 V, que son interpretados por la ECU para contar el número de dientes y determinar el ángulo y posición del cigüeñal.

Como este sensor detecta los dientes y los huecos, en el paso del diente cae la tensión, y lo toma como valor de referencia cero, mientras que cuando pasa frente al espacio entre dientes, el voltaje es máximo y lo toma como uno, generando así la señal digital de ceros y unos.

El sensor CMP también puede ser del tipo hall. Funciona en base a un pequeño imán colocado en el extremo del árbol de levas, y cuando pasa frente al sensor, envía la señal respectiva, misma que será sincronizada con la señal del CKP, para el encendido de la chispa y la inyección del combustible.

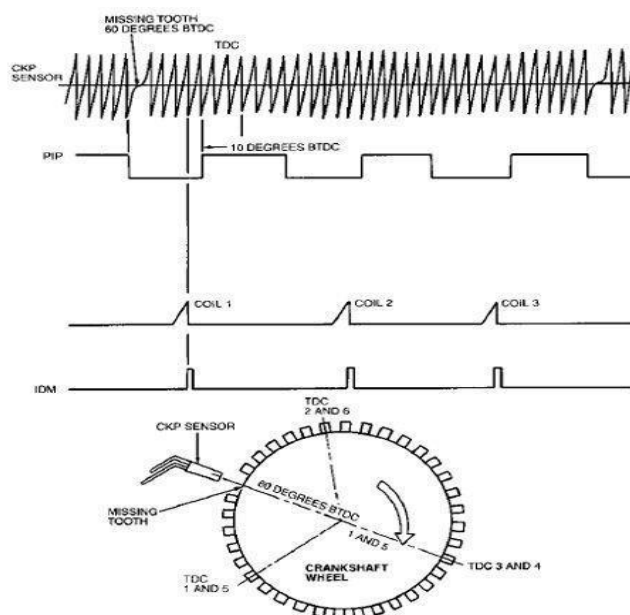


Figura 1.11 Señal del tipo hall en sensor CKP
(Petrolhead Garage)

1.8.4. ACTUADORES

Los actuadores en el automóvil, son elementos que desempeñan trabajos o labores comandados por la ECU, esta emite señales que les permiten actuar o no y generan trabajos a través de fuerza eléctrica, neumática o hidráulica. Como ejemplos de actuadores en el automóvil podemos encontrar los siguientes:

1.8.4.1. Actuador del régimen de ralentí

Este actuador es el encargado de regular el paso de aire a través de un bypass, cuando la mariposa está cerrada y funciona con un motor paso a paso controlado por la ECU, para el control de la marcha mínima o ralentí, esta válvula es más conocida como IAC por sus siglas en inglés (Idle Air Control).

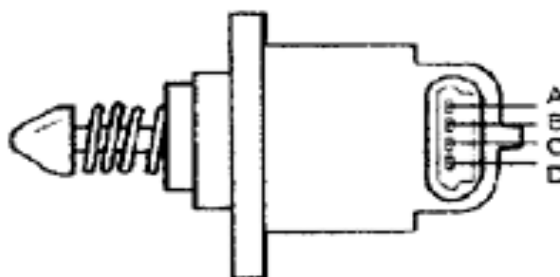


Figura 1.12 Actuador de paso de aire ralentí (IAC)

(Geocities)

Este actuador de marcha lenta, se ubica de manera que permite el paso del aire para que no se apague el motor cuando la mariposa está cerrada porque el acelerador no está presionado, entonces esta válvula permite el paso de aire desde una vía alterna conectada al cuerpo de aceleración.

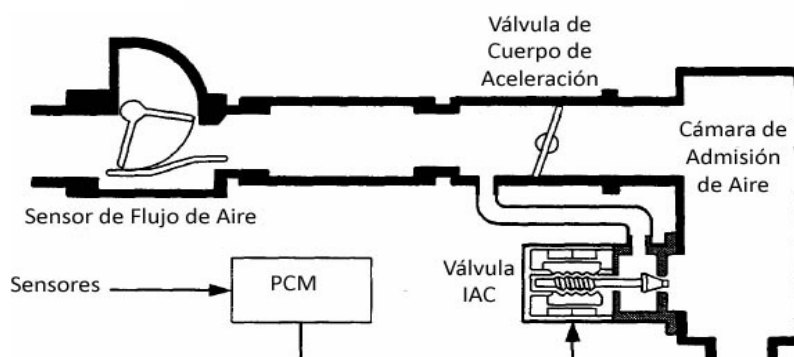


Figura 1.13 Ubicación de la válvula IAC

(Booster, Beto)

El ducto principal para el pleno funcionamiento, puesto que maneja una gran masa de aire y el by pass controlado por el IAC, tiene una menor sección porque no se necesita tanto flujo de aire, puesto que es mínimo.

1.8.4.2. Inyectores

Los inyectores son electroválvulas, que comandadas por la ECU se abren y se cierran millones de veces durante el funcionamiento del motor y además se encargan de pulverizar de forma precisa, homogénea y en la cantidad adecuada el combustible, para que se realice la combustión dentro de los cilindros del motor.

El patrón de pulverización depende de la presión, tamaño y el ángulo de los orificios de la tobera, el número de inyectores, los cuales pueden ser mecánicos o electrónicos, los últimos se usan en los autos actualmente (Dr. Injetor).

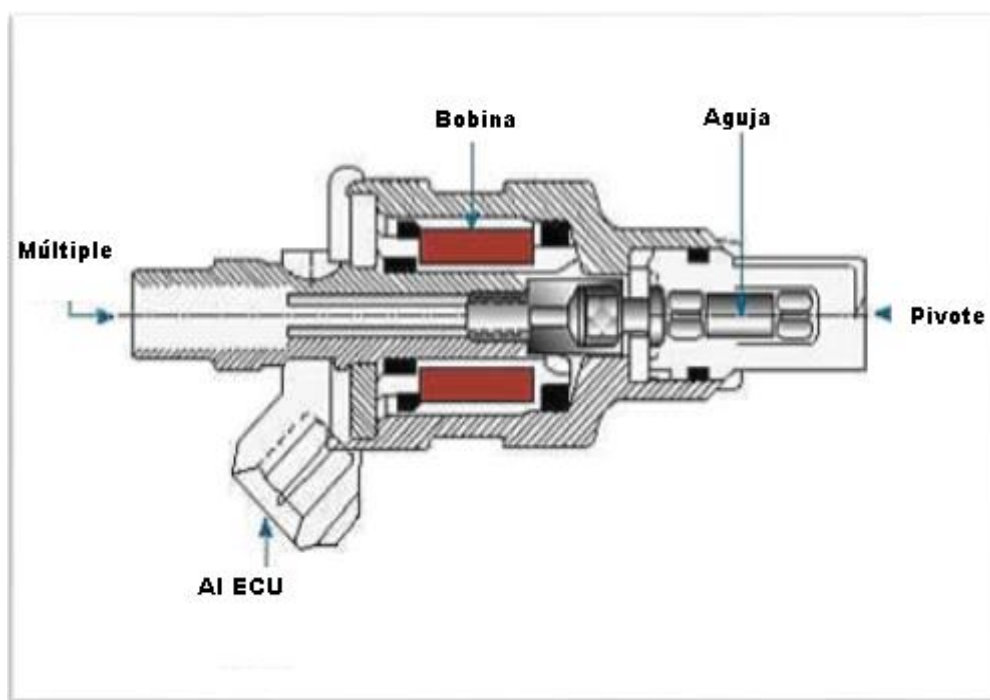


Figura 1.14 partes del inyector

(Dr. Injetor)

Los inyectores se alojan en un riel, (ver Figura 1-16), los mismos que reciben la presión de combustible cuyo valor está comprendido entre los 2.5 y 3.5 bar, momento en el cual los inyectores reciben una señal de apertura por parte del ECU e inyectan el combustible necesario para la combustión de la mezcla aire-combustible.

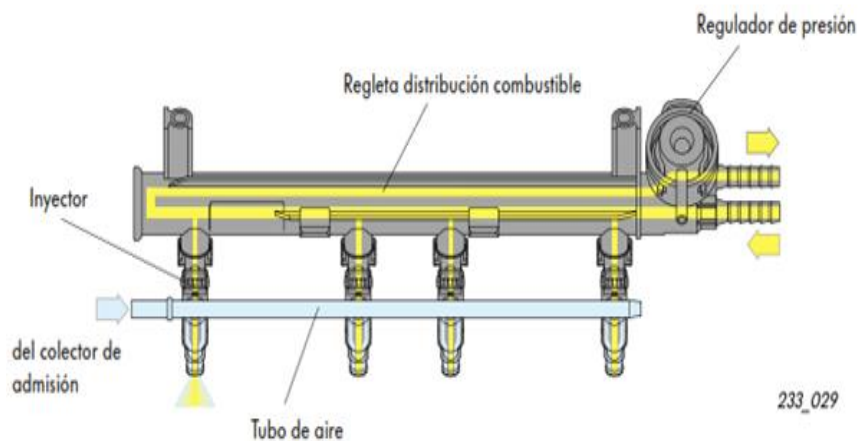


Figura 1.15 Riel de inyectores

(Volkswagen)

1.8.4.3. Bobinas de Encendido

Estos son actuadores eléctricos y electrónicos que están constituidos internamente por arrollamientos que se conforman por miles de espiras de hilos, formando una bobina, la cual realiza la acción de elevar la tensión de inducción, que generalmente es la tensión de la batería, es decir, 6 V, 12 V y hasta 24 V, según el caso, elevándose en la bobina hasta 1000 veces, dependiendo de la necesidad del sistema de encendido.

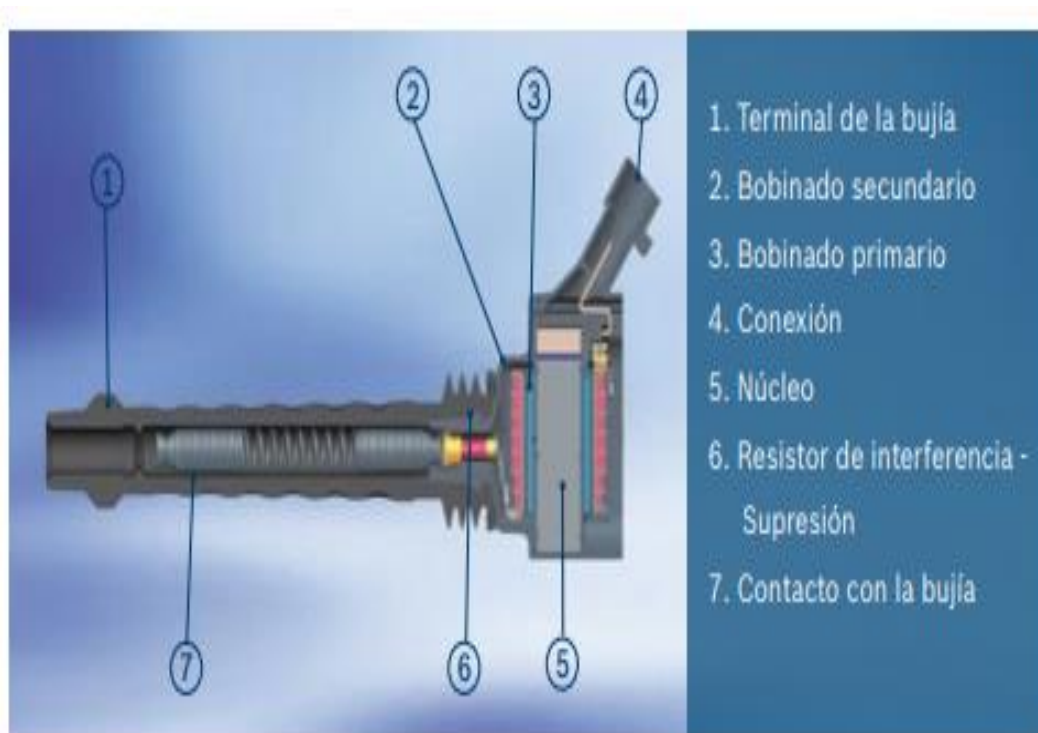


Figura 1.16 Bobinas para sistemas de inyección

(Bosch)

Existen diferentes tipos de bobinas, entre ellas las bobinas convencionales que son las encargadas de entregar la alta tensión al distribuidor, para que este la reparta a cada una de las bujías a través de un cable de alta tensión, de acuerdo al orden de encendido previamente sincronizado, generando la chispa de encendido en los electrodos de la bujía, dentro del cilindro indicado y en el momento oportuno.

Existen las más recientes, que son netamente electrónicas, una bobina por cada bujía que tiene el motor, estas entregan la chispa sin necesidad de un distribuidor y lo hacen mediante una señal de inducción que es comandada por la ECU.

1.9. RASPBERRY PI

Es un ordenador básico que de muy bajo costo, con una potencia similar a la del Pentium II a 300 MHz, pero con una potencia gráfica superior (Doutel, 2012)

Esta computadora es de fácil programación, ideal para aplicaciones técnicas, con salidas de audio y vídeo a través de un puerto HDMI, con posibilidades de conexión wifi, que es justamente la característica que se requiere para el acceso remoto al motor.

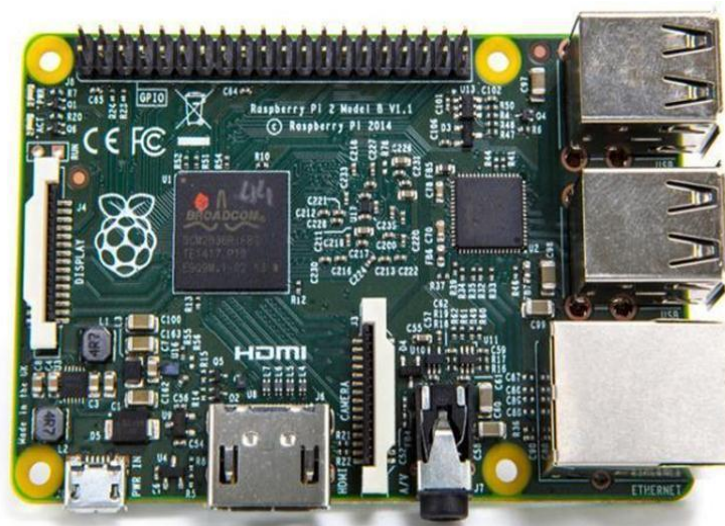


Figura 1.17 Placa Raspberry Pi 2 Model B+

(Tecnoweb.com)

La segunda generación de modelos Raspberry Pi, EL Raspberry Pi 2 Modelo B ha sido mejorada con funcionalidades que le permiten trabajar con una gama completa de distribuciones ARM GNU/Linux, además del núcleo IoT Microsoft Windows 10.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

Los equipos y dispositivos, materiales y software utilizados en este proyecto fueron:

Motor, de combustión interna a carburador, de un motor Chevrolet de cuatro cilindros. Es la base sobre el cual se hizo la implementación del nuevo sistema de combustible. Los datos técnicos del motor son los siguientes:

Año motor: 1986

Modelo: 4ZE-1

Combustible: Gasolina

Alimentación: 1 carburador

Cilindraje: 2254,00 cc

Válvulas: 8 Válvulas

Relación de Compresión: 8.8

Potencia Máx.: 84 HP

- ECU programable, marca Mega Squirt EFI, equipada con software de instalación Tuner Studio MS, para este tipo de motor de cuatro tiempos y que tiene un puerto para conectar un cable RS232 A USB.
- RASPBERRY PI, computadora que permite el acceso a un sistema remoto para el arranque de motor, es del tipo Pi 3 B+, tiene un interfaz adecuado para este tipo de trabajos y pines para conectar varios elementos, así, se enlistan a continuación algunas de sus características: Procesador: Broadcom BCM2835 SoC full HD (igual que el modelo B); memoria RAM: 512 MB SDRAM 400 MHz (igual que el modelo B); almacenamiento en tarjeta micro SD (en el modelo B era una SD), cuatro puertos USB 2.0 (en el modelo B sólo había 2); Energía: 600mA hasta 1.8A a 5V (en el modelo B, 750mA hasta 1.2A a 5V) y Pines GPIO 40.
- Riel para los inyectores: asimismo para los cuatro inyectores de gasolina, se instaló el keihin moto Honda 1000 CBR 2012 23AAB103. Inyectores Multipunto para gasolina y de un caudal 22 lb/h o 231cc/min, modelo denso, de baja impedancia, (0-4 Ohm). Se instaló el de Honda CBR1000.
- TPS, sensor de mariposa conectado a la Ecu y está alimentado a 5V, pero en cargas parciales trabaja entre 0,9 a 2,2 V. se instaló el de Honda CBR.

- CKP, sensor inductivo, de un motor Chevrolet corsa, genera la señal análoga de acuerdo a la posición del cigüeñal y al rpms del motor.
- Sensor de Temperatura de coeficiente negativo, instalado a la altura del bloque del motor, el valor de la resistencia en temperatura ambiente oscila entre 2 a 3 k Ω .
- Sensor IAT, detecta la temperatura del aire entrante, en este caso se encuentra libre y nos dará un valor de temperatura ambiente.
- Sensor lambda, de un solo cable, se ubicó en el escape, destinado a detectar la cantidad de oxígeno presente, para corregir la cantidad de gasolina entregada al inyector, la tensión enviada por este sensor en mezcla rica es de 800 mv a 1 V.
- Cableado; todo el conjunto, que permite conectar los sensores y actuadores a la ECU.
- Bobina DIS, de chispa perdida, para todos los cilindros, con disparo de tensión que se puede realizar en un tiempo aproximado de 0,3 ms, que evita el uso de distribuidor y que tiene polaridad positiva y la masa proporciona la ECU.
- Válvula reguladora de presión FPR la cual ajusta la presión con la bomba de combustible en marcha
- Múltiple de admisión, su base construida con una lámina de acero inoxidable de 6 mm de espesor, para evitar deformaciones de la misma y tubos de 1" 1/2 de diámetro, de igual condición inoxidables, preparado para acoplar el sistema de inyección.
- Bomba sumergible de combustible, de marca Bosch en concordancia con la válvula de regulación (43 psi, presión de operación 3 bares).
- Cuerpo de aceleración, ITB mejora la respuesta del motor, Ganancia HP adicional con el ajuste adecuado, con 4 órganos de aceleración y da alojamiento a los cuatro inyectores.
- Tanque de combustible, de acero inoxidable, de capacidad 10 litros.
- Otros, luces piloto para indicación de la carga de batería, manómetros, estructura móvil de soporte del motor, cañerías, racores, conectores eléctricos, manómetros.
- Equipo de pruebas, se utilizó un analizador de gases BRAIN BEE AGS 688, adecuado para este tipo de combustible.
- Software: programa de instalación de la ECU,
- Programa de instalación de la Raspberry pi como punto de acceso.
- Micro SD para el almacenamiento de programas app que requiere la Raspberry pi

2.2 MÉTODOS

Los métodos fueron teóricos y prácticos, en los primeros se utilizó el analítico sintético, en la parte de investigación bibliográfica.

En la construcción del marco teórico sobre sistemas de inyección, sus principales características, tipos, elementos constituyentes, características de cada uno y el sistema de control de la inyección.

En la parte práctica se siguieron los esquemas, planos y algoritmos técnicos de programación, verificación de partes, instalación, y realización de pruebas.

Este método permitió disponer los elementos adecuados del sistema de inyección, tales como el múltiple de admisión, riel de inyectores, inyectores, la ECU MEGA SQUIRT 2 PRO, la bobina para la generación de la chispa de alto voltaje, el tanque de combustible, bomba sumergible de combustible, cañerías, cables y todos los elementos de un mismo sistema, para que no existan discordancias entre señales de los sensores y valores que maneja la ECU, cuidando que sean adecuados para este motor y para este sistema.

Una vez montados los elementos se procedió con el programa de instalación de la ECU, siguiendo los lineamientos y pasos estipulados por el fabricante, posteriormente se conectó la Raspberry Pi, para que sirva como punto de acceso al motor. Este procedimiento consta de la instalación del programa que la relaciona con el motor y el programa RaspController que la habilita para acceder a ella desde un dispositivo móvil.

Para instalar la Raspberry se descargó el sistema operativo pertinente, el “Raspbian” que viene con gran cantidad de software para educación, programación general, como Python, Scratch, Sonic Pi, Java, Mathematica y más. Posterior a la programación se realizaron las pruebas de funcionamiento y emisiones para constatar que el sistema trabaja correctamente.

2.2.1 INSTALACIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO EN LA RASPBERRY PI

El sistema operativo de la Raspberry, el Raspbian, consta en formato ISO (Arias), para cuya instalación se cargó el programa Win32DiskImager” en una micro SD, para luego descargarla hacia la Raspberry y así tener acceso remoto al motor desde un celular. Se

descargó mediante Play Store la app RaspController, el cual nos permite interactuar en el sistema remoto instalado en la Raspberry para activar y desactivar el encendido del motor.

2.2.2 CONFIGURACIÓN DE LA RASPBERRY COMO ROUTER

A continuación, se indican los comandos utilizados en esta configuración, los mismos que se encuentran detallados en el anexo 1

Instalación del servidor dhcp:

- `sudo apt-get install dnsmasq hostapd`
- `sudo nano /etc/dhcpd.conf`
- **Datos de la red**
- `sudo nano /etc/network/interfaces`
- `address 172.24.1.1`
- `netmask 255.255.255.0`
- `network 172.24.1.0`
- `broadcast 172.24.1.255`

Nombre y clave de la red

- `sudo mv /etc/dnsmasq.conf /etc/dnsmasq.conf.orig`
- `sudo nano /etc/dnsmasq.conf,`
- `ssid= SmartCar (nombre)`
- `wpa_key_mgmt=WPA-PSK`

Establecer como punto de acceso:

- `Sudo nano/etc/default/hostapd`
- `Establecer dhcp-range=172.24.1.50.172.24.1.150,12h`

Reenvío de paquetes

- Desde la raspberry hasta el router y pueda salir a internet:
- `sudo sh -c "echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward"`
- `sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE`
- `sudo iptables -A FORWARD -i eth0 -o wlan0 -m state -- state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT`
- `sudo iptables -A FORWARD -i wlan0 -o eth0 -j ACCEPT`
- `sudo sh -c "iptables-save > /etc/iptables.ipv4.nat"`

Reinicio Raspberry

`sudo reboot -n`

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DIAGNÓSTICO

Se trabajó sobre un motor del vehículo Chevrolet de carburador, en el cual se realizó la prueba de emisiones, que dieron los siguientes resultados:

Tabla 3.1 Emisiones Motor Chevrolet

CO	0,02 %.
CO ₂	0,2 %
HC	487 ppm.
O ₂	20,07 % .

Estos datos si se comparan con la norma técnica INEN 2204, (categoría M) en la parte referida a los máximos de los contaminantes emitidos por vehículos a gasolina, se puede apreciar que a pesar que es un vehículo a carburador, sus emisiones se encuentran dentro de los valores permitidos, pero hay que tomar en cuenta que estas pruebas son en situación del vehículo detenido.

Tabla 3.2 Emisiones permisibles según INEN 2204

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0-1500**	1500-3000**	0-1500**	1500-3000**
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
*Volumen				
**Altitud 0 metros sobre nivel del mar				

(INEN)

3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA AL MOTOR CHEVROLET

3.2.1 MONTAJE DE ELEMENTOS DEL SISTEMA ITB

Se fabricó la base, porque es un motor con fines didácticos para la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la UTN. Con un tubo estructural cuadrado de dos pulgadas y se le proveyó de ruedas resistentes para que soporte el peso del motor y pueda ser movilizado.

Se procedió a montar los elementos del sistema de inyección:

Cuerpo de aceleración, inyectores, bobina de encendido, ECU, Múltiples de admisión y escape, sensores. Una vez ubicados todos los elementos se colocó el cableado, para acto seguido conectar todos los elementos de acuerdo al diagrama eléctrico correspondiente a este sistema y finalmente conectar el Raspberry Pi y programar la ECU del motor.



Figura 3.1 Montaje de elementos del sistema de inyección

En la Figura 3.2 se puede ver la rueda fónica que sirve para determinar la velocidad angular del motor en rpm, puesto que el sensor envía una señal cada vez que enfrenta el diente faltante de la rueda fónica.



Figura 3.2 Rueda fónica

En la siguiente Figura 3.3 se puede ver el cuerpo de inyección el múltiple de admisión.



Figura 3.3 Cuerpo de aceleración

En la Figura 3.4 se puede apreciar el sistema ITB ya instalado.



Figura 3.4 sistema ITB

**3.2.2 INTERCONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN
EL ESQUEMA MUESTRA LA INTERRELACIÓN ELÉCTRICA DE TODOS
LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA ITB.**

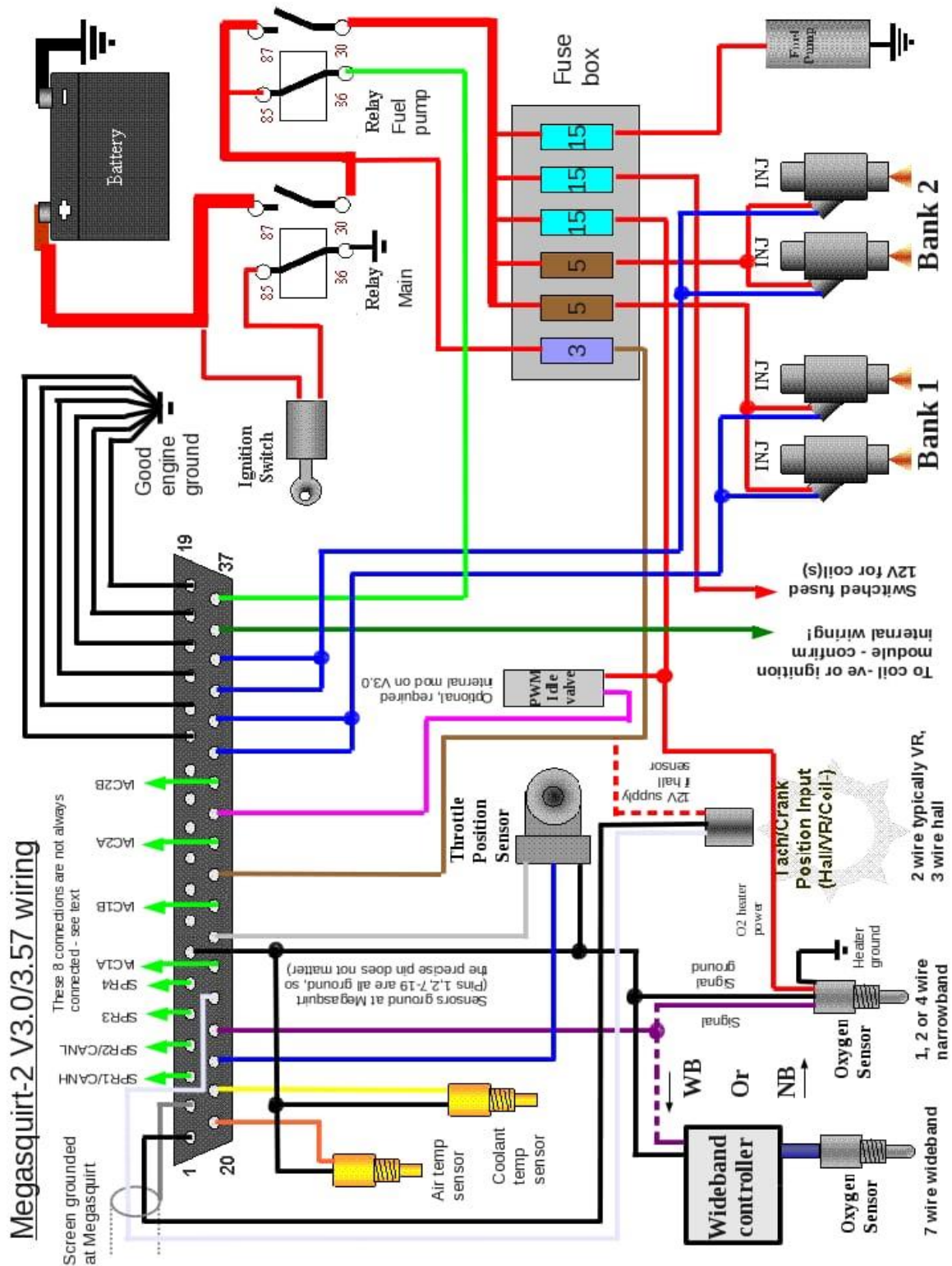


Figura 3.5 Diagrama eléctrico del sistema de inyección ((PSM, SF)

En cuanto al cableado, se siguió el código recomendado por el fabricante, conectando los diferentes elementos minuciosamente en los sockets establecidos de acuerdo al diagrama, aunque no todos se hayan colocado en el sistema como por ejemplo el actuador IAC, por la condición del cuerpo de aceleración.

Tabla 3.3 Colores utilizados al conectar el cableado

Temperatura aire IAT	Negro, gris
Temperatura agua ECT	Negro amarillo
TPS	Naranja (+), negro (-) verde señal
Lectura RPM cable mallado	Con sensor hall no conectar
Inyectores	Blanco Canal A (1 y 4); gris canal B (2 y 3)
Bobina única	Señal: Azul; rojo (+)
Actuador de ralentí paso a paso	Primera opción: A: PIN17 FUNDA y D: PIN18 = 55 Ohms B: PIN19 FUNDA y C: PIN20 = 55 Ohms Segunda opción: A: PIN17 FUNDA y B: PIN18 = 55 Ohms C: PIN19 FUNDA y D: PIN20 = 55 Ohms
Salida a tacómetro	Marrón
Llave de contacto	Rojo
Sonda Lambda	Azul (señal)
Salida auxiliar 1 (relay)	Blanco
Salida auxiliar 2 (relay)	Gris
Señal TPS	Verde
Bomba	Rojo grueso
Batería	Positivo rojo grueso o terminal ojal amarillo

((PSM, SF))

3.3. INSTALACIÓN DE LA ECU

En la Figura 3.6 se aprecia su posición y los cables que interconectan con ella a fin de lograr el movimiento del motor.



Figura 3.6 Computadora del motor

Para instalar la ECU se siguió el procedimiento, cuyos pasos se indican a continuación:

1. Se colocó el CD de instalación de la ECU, poner contacto, actualizar lista, instalar controlador. Aparece como “prolific USB to serial bridge to com 4”.
2. Se puso un visto en “incluir esta ubicación en la búsqueda”, ver la figura para constatar el archivo y la carpeta en la que se encuentra. Se pulsa siguiente y queda instalado el controlador. Después de dar siguiente, aparece instalado el USB como se muestra en la Figura 3.7

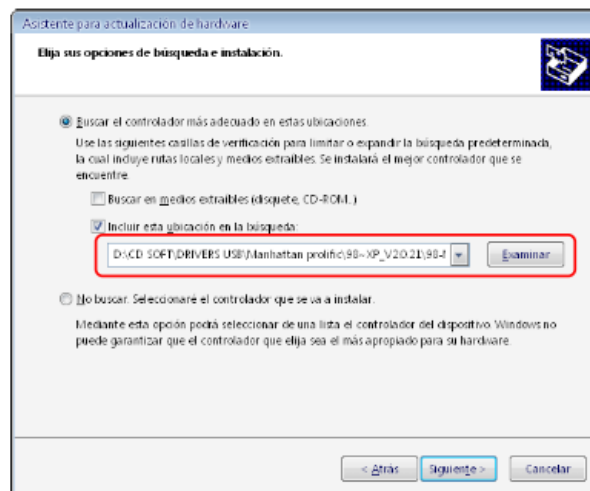


Figura 3.7 Opción de búsqueda de instalación

((PSM, SF))

Luego se instaló la ECU, para eso se ejecuta el archivo “TunerStudioMS_Setup_v2.0.8” y aparece la siguiente pantalla, Figura 3.8

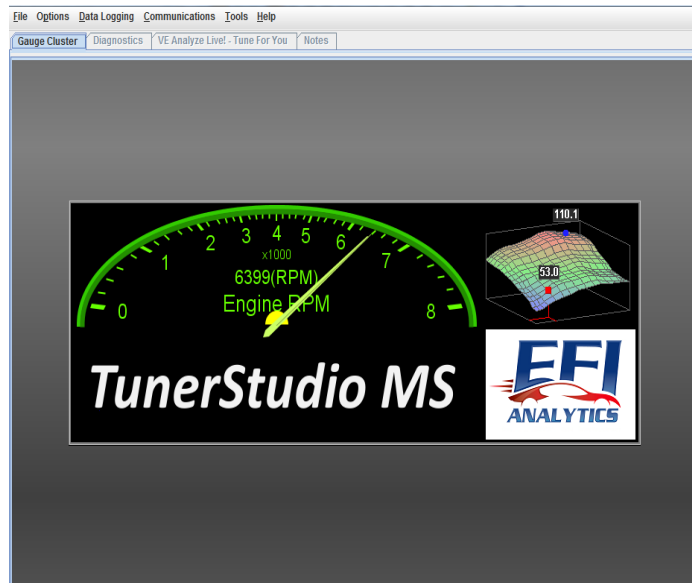


Figura 3.8 Empieza la programación

(PSM, SF)

Una vez abierto el archivo se colocó el nombre del proyecto en este caso se puso Chevrolet y luego se activó “detect”. Aparece la siguiente pantalla como la Figura 3.9:

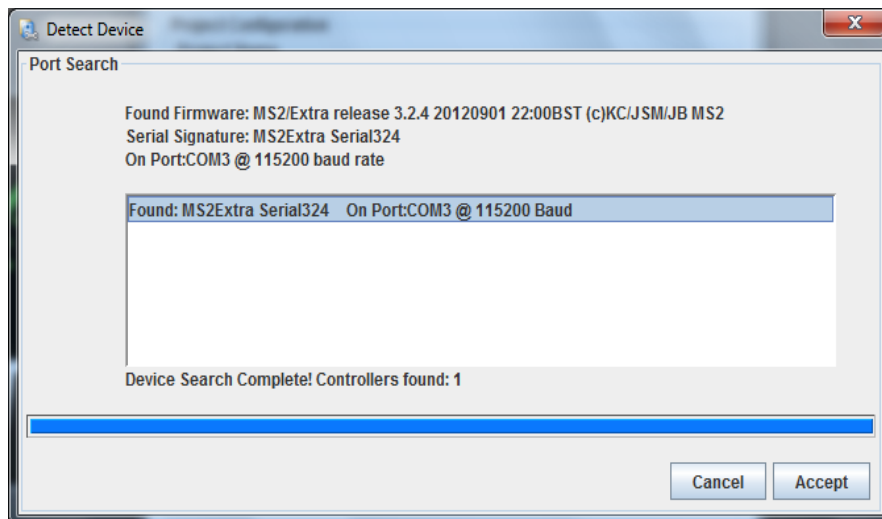


Figura 3.9 Detección del puerto

(PSM, SF)

Al aceptar apareció la siguiente pantalla en la cual se colocó “Celsius” para configurar en nuestro sistema de medidas Figura 3.10.

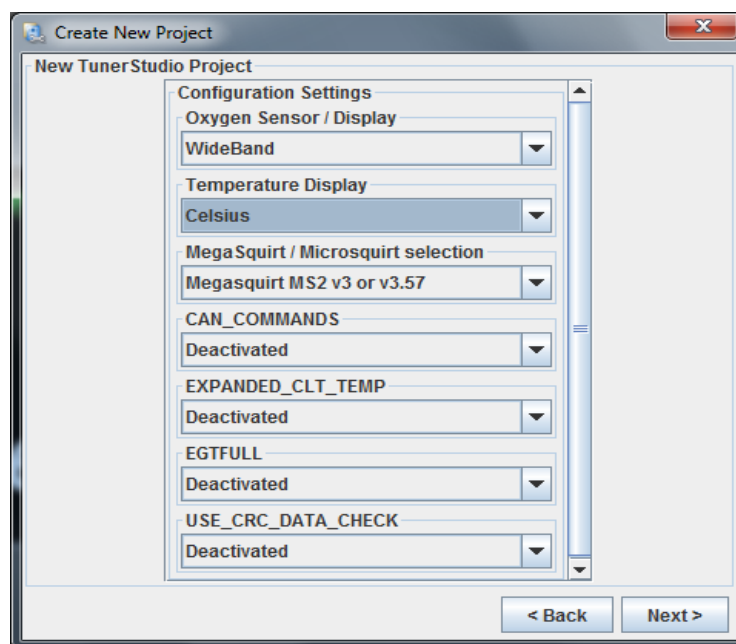


Figura 3.10 Selección de escalas

((PSM, SF)

Se escogió luego el modelo de presentación de los parámetros, que una vez escogidos se tornaron blancos como en la Figura 3.11

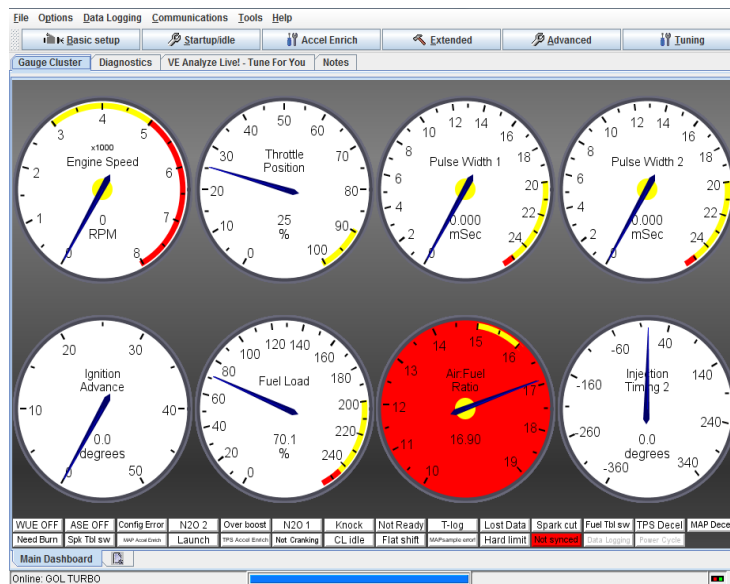


Figura 3.11 Selección de parámetros

((PSM, SF)

De esta forma se completó la configuración de la ECU y se pudo desconectar todo, sin perder lo seleccionado.

3.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA RASPBERRY PI

La Figura 3.12 muestra la instalación de la Raspberry PI, que como se ha dicho anteriormente actuará como un router para el encendido remoto del motor. También se muestra conectados los puertos GPIO, en el pin 36 GPIO 16 el cable gris y en el pin 37 GPIO 26 el cable negro, en el pin N° 2 GPIO 5V Power y pin 6 GPIO Ground cable celeste, los cuales emitirán las señales de arranque del motor.



Figura 3.12 Raspberri PI

En la Figura 3.13 se muestra el menú Raspcontroller en el dispositivo móvil donde se puede observar la opción control GPIO para acceso de los botones de encendido.

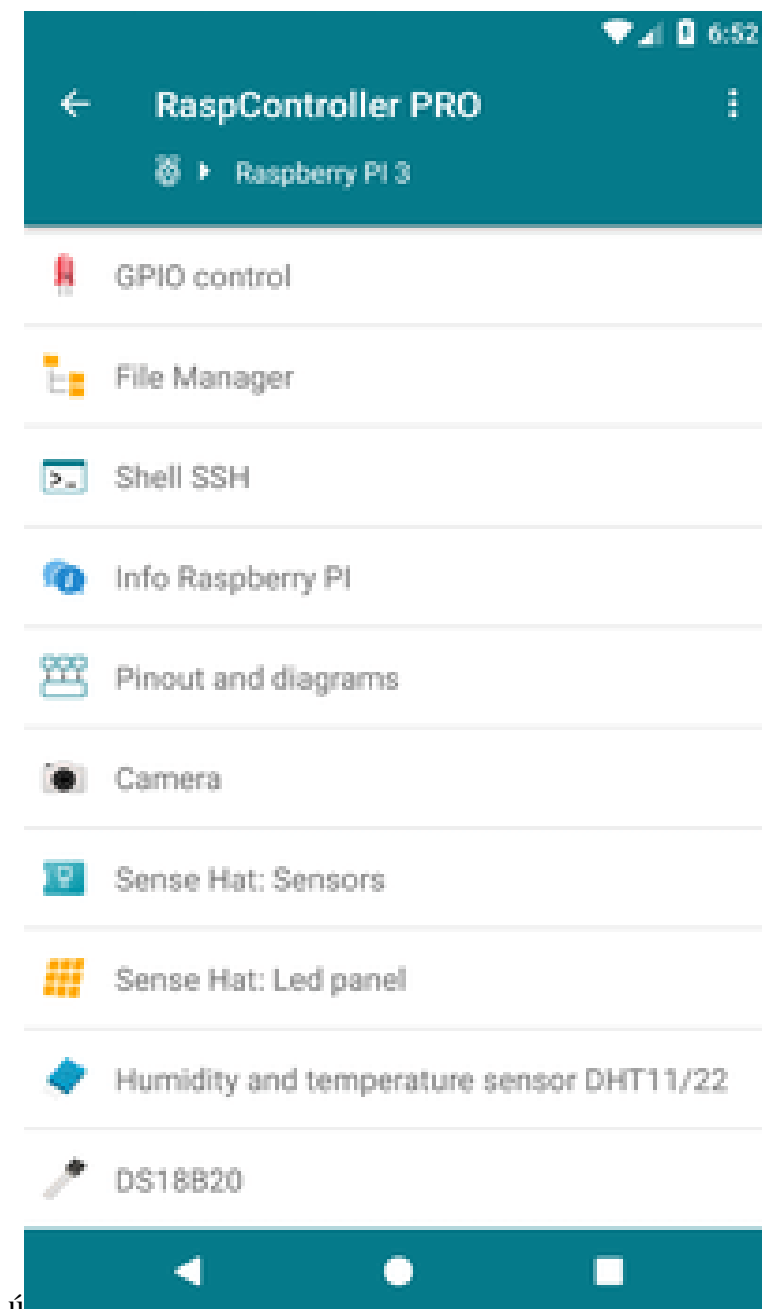


Figura 3.13 Men Raspcontroller

Para el encendido desde el móvil remoto, se activa los puertos GPIO2 y GPIO3 los cuales están señalados con el número 1, para el arranque del motor se iniciaría la corriente con el botón IN y para el corte de corriente o apagado con el botón OUT. Ver Figura 3.14.



Figura 3.14 Control GPIO

3.4.1 PROGRAMACIÓN DE LA RASPBERRY PARA EL ACCESO DESDE UN DISPOSITIVO MÓVIL

En la interfaz de la Raspberry se escribió el siguiente comando: `Sudo raspi-config` y se habilita "SSH" en el menú "interfacing option" o en "advanced options".

Para ejecutar comandos desde el celular se abrió al siguiente archivo:

`Sudo nano /etc/ssh/sshd_config` y se cambia la línea (remover también el símbolo #) con `PermitRootLogin yes`. Se guardó y salió.

Se descargó la app "RaspController" desde playstore. Se conectó a la red wifi de la Raspberry y se abrió la aplicación Raspcontroller. Se añadió un nuevo dispositivo cuyo

nombre fue Raspberry, y se llenó los siguientes datos: Dirección IP: 172.24.1.1; puerto: 22; usuario: root; contraseña: Raspberry. Una vez dentro de la aplicación se pudo ver los diagramas de los pines o controlar y los puertos GPIO de la Raspberry.

3.4.2 DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LA RASPBERRY PI

En la Figura 3.15 se observa un diagrama de los puertos GPIO de la Raspberry Pi, donde los terminales de +5V van conectados a la alimentación. Los puertos GPIO son de entrada y salida, de propósito general, es decir para conexión a los diferentes elementos que se desea controlar. El dispositivo provee de varias conexiones a masa.

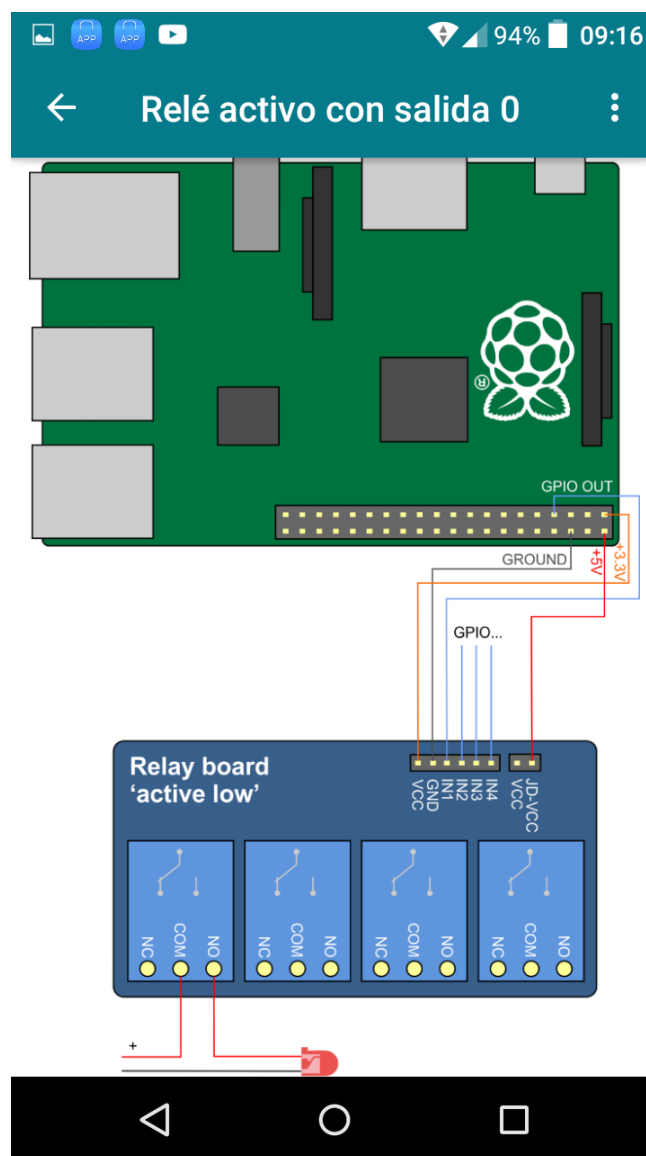


Figura 3.15 Cableado Raspberry PI

3.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Para asegurar que el sistema esté funcionando correctamente, se probaron algunos elementos del sistema. Como el pulso del inyector, la señal de la bobina de chispa perdida y la señal del sensor TPS, que son los sensores y elementos básicos del sistema implementado.

A continuación, se muestran las pruebas realizadas a los diferentes sensores.

La Figura 3.16 muestra el pulso de inyección, su duración en (ms) y como puede verse indica el tiempo de apertura y no la variación de voltaje, solamente el tiempo que permanece totalmente abierto para permitir el paso de combustible.

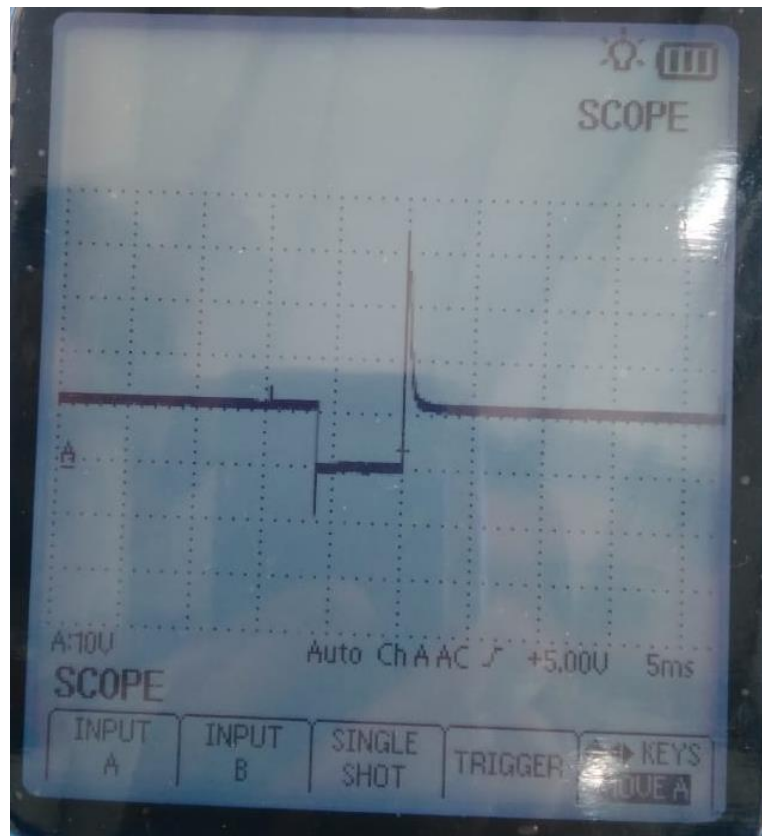


Figura 3.16 Pulso de inyección

A continuación, se muestra el oscilograma del pulso de ignición de bobina, es decir de chispa perdida como en la Figura 3.17.

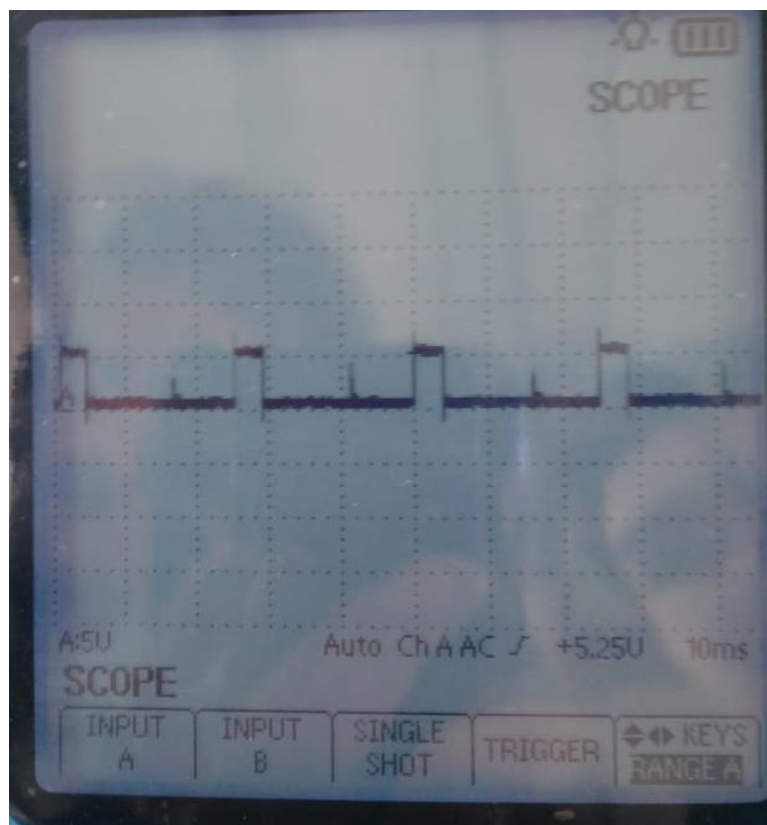


Figura 3.17 Oscilograma del pulso de ignición de bobina.

El oscilograma sobre el sensor CKP inductivo arroja el siguiente resultado, que se aprecia en la Figura 3.18 adjunta a continuación.

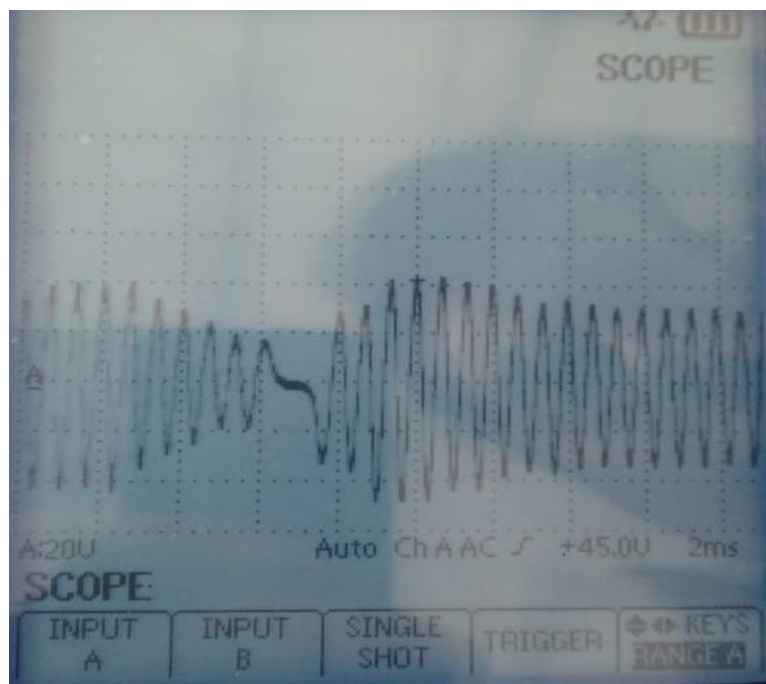


Figura 3.18 Oscilograma sensor CKP

En la prueba realizada al TPS, se puede apreciar en la Figura 3-19 la señal obtenida, que indica indirectamente, la apertura de la mariposa, en grados, la cual interpreta la ECU como requerimiento de combustible.



Figura 3.19 Señal del TPS

La prueba de ECT con el multímetro, mostró el siguiente resultado, que indicó el normal funcionamiento, Figura 3.20

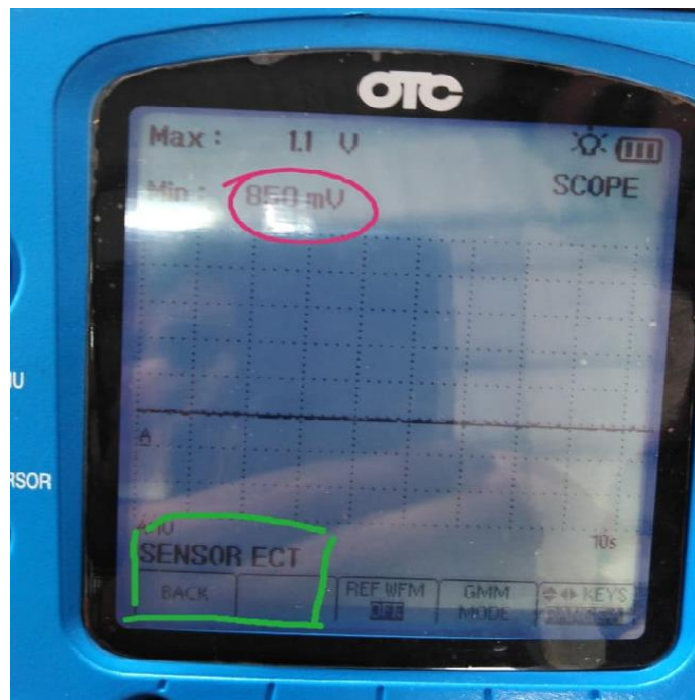


Figura 3.20 Lectura de la prueba con multímetro del sensor ECT.

3.6 PROGRAMACION DE LA ECU

Lo que da la ECU, en cuanto al tiempo de latencia del inyector es de 0.9 ms, algo normal porque es menor a 1 ms, como se aprecia en la siguiente Figura 3.21

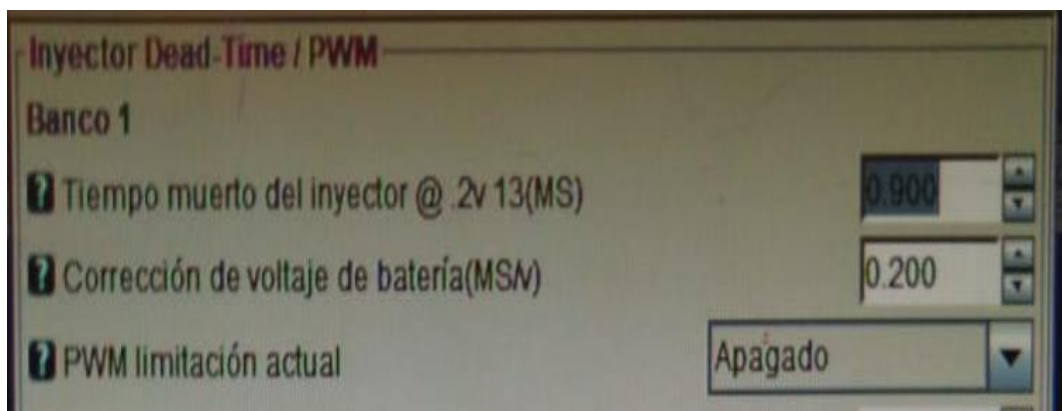


Figura 3.21 Tiempo de latencia del inyector

La tabla cargada en la ECU respecto a las diferentes reacciones aire combustible, a diferentes velocidades, se muestra en la siguiente Figura 3.22, destacando las RPM altas y una posición de aceleración mediana hasta máxima. Este banco de datos tiene que ver con el TPS, pues de acuerdo a su señal, la ECU envía la señal de tiempo de apertura del inyector.

	800	1300	1900	2500	3200	3900	4500	5000	5500	6000	6500	7000
100.0	0.925	0.939	0.932	0.925	0.918	0.912	0.898	0.878	0.871	0.864	0.864	0.864
90.0	0.925	0.939	0.932	0.925	0.918	0.912	0.898	0.878	0.871	0.864	0.864	0.864
85.0	0.925	0.939	0.932	0.925	0.918	0.912	0.898	0.878	0.871	0.864	0.864	0.864
80.0	0.925	0.939	0.932	0.925	0.918	0.912	0.905	0.878	0.871	0.864	0.864	0.864
75.0	0.925	0.932	0.932	0.925	0.918	0.912	0.912	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
70.0	0.925	0.932	0.925	0.925	0.925	0.918	0.912	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898
65.0	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.918	0.918	0.918	0.912	0.912	0.912	0.912
60.0	0.932	0.932	0.925	0.925	0.925	0.918	0.925	0.918	0.918	0.912	0.912	0.912
50.0	0.939	0.939	0.918	0.918	0.918	0.918	0.932	0.925	0.925	0.918	0.918	0.918
40.0	0.939	0.939	0.925	0.925	0.925	0.918	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939
30.0	0.939	0.939	0.925	0.925	0.925	0.925	0.932	0.932	0.946	0.946	0.946	0.946
20.0	0.939	0.939	0.925	0.925	0.925	0.925	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946

Figura 3.22 Relación aire combustible- TPS- RPM

En cuanto a la carga real de combustible, la ECU tiene el siguiente banco de datos, mostrando en colores, de acuerdo al tipo de carga, para las diferentes RPMs del motor.
 Figura 3.23.

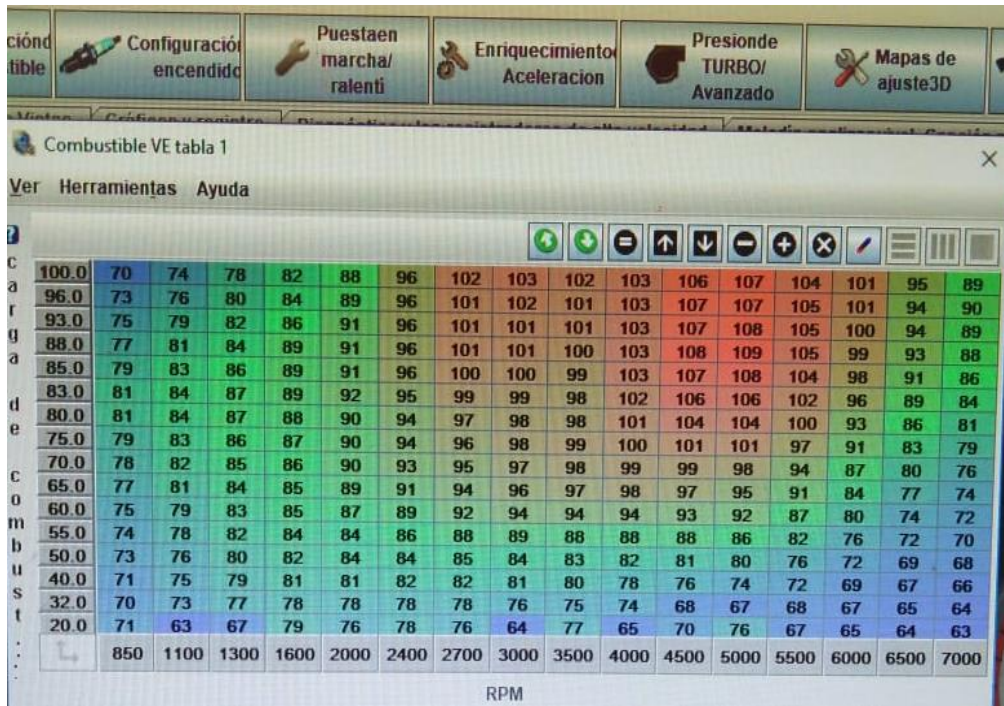


Figura 3.23 Carga de combustible- TPS RPM

En cuanto al limitador de revoluciones, se establece de modo que no sobrepase la temperatura indicada en la tabla dentro de la Figura 3-24

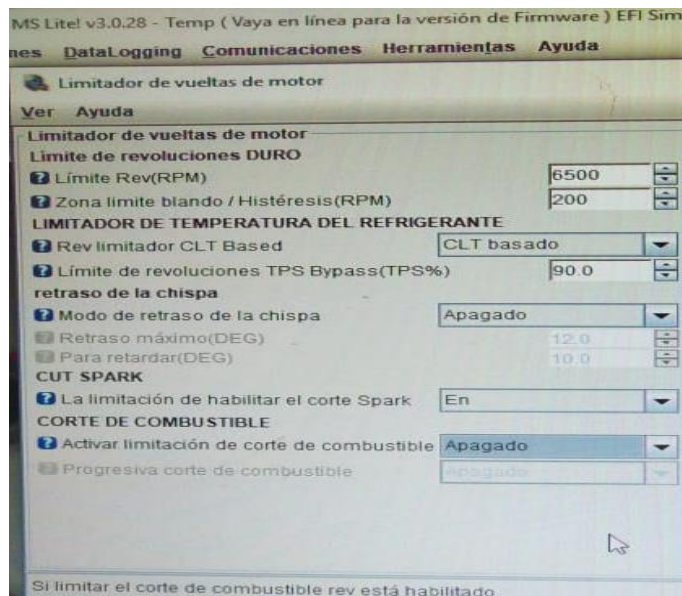


Figura 3.24 Limitador de RPM

En opciones de encendido se debió establecer algunos parámetros, como tiempo de latencia del inyector, tipo de bobina y otros que se pueden observar en la Figura 3.25

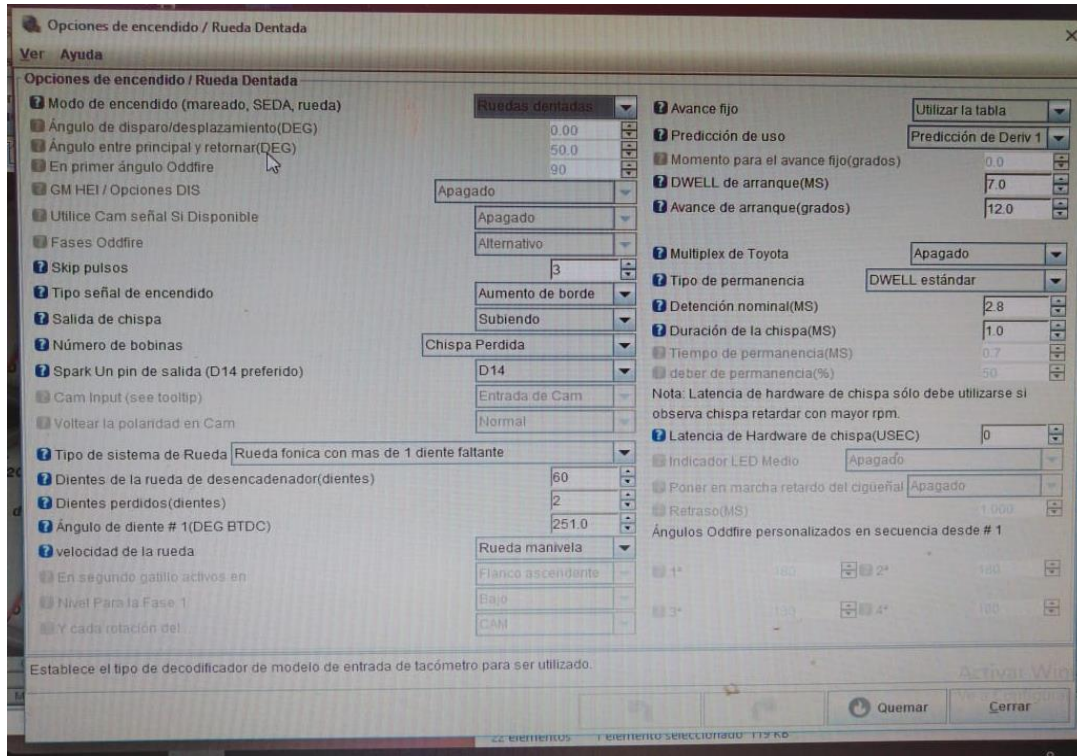


Figura 3.25 Set Up parámetros varios

Por supuesto que el calentamiento se registra en el refrigerante y tiene relación con el ángulo de avance, que en este caso se estableció en 12°. Figuras 3.26 y 3.27.

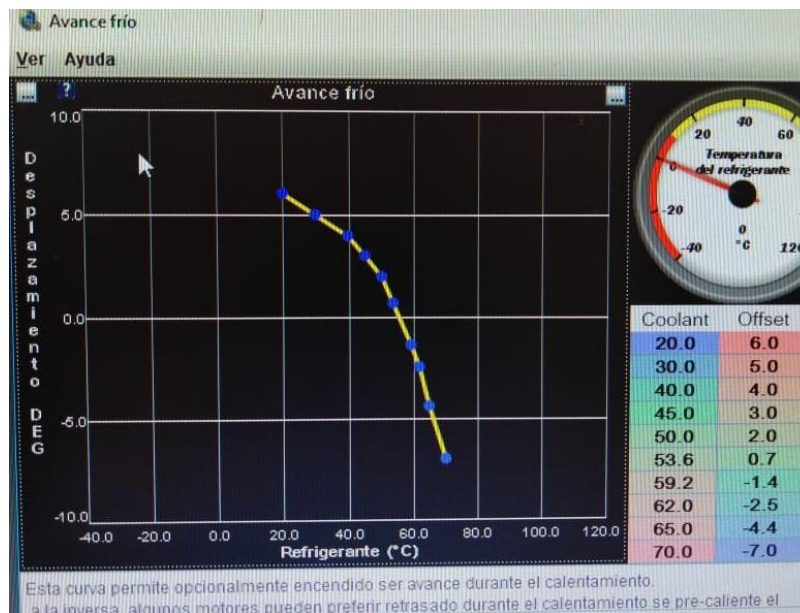


Figura 3.26 Ángulo de adelanto/ Retraso chispa - temperatura

El ángulo de avance para el encendido, mientras dura el calentamiento, en el arranque del motor, está regulado según la ECU, de acuerdo en el banco de datos de la ECU. Figura. 3.27

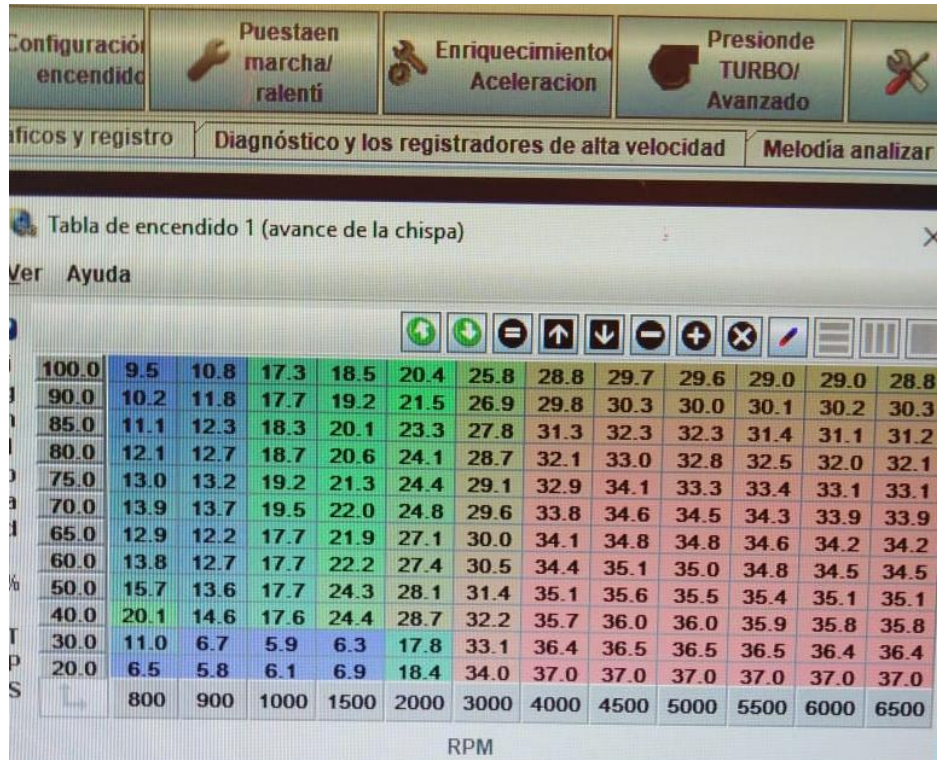


Figura 3.27 Carga de arranque, TPS- RPM

La ECU para cada situación tiene cargado mapas y bases de datos con los cuales compara la situación del motor para emitir una señal al actuador respectivo. Figura.3.28

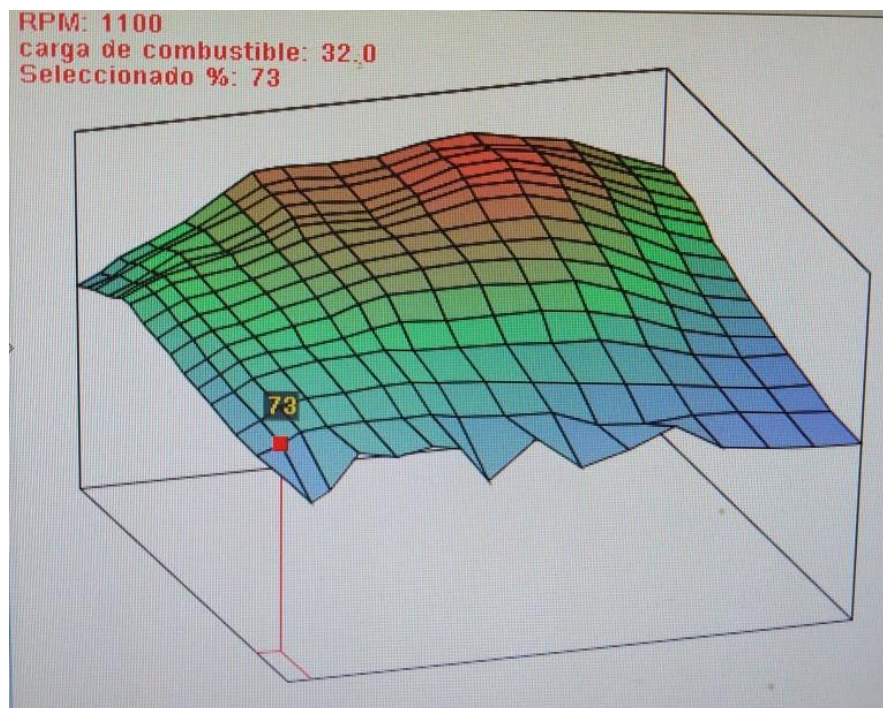


Figura 3.28 Mapa Carga de combustible-TPS_RPM

Se puede observar los diferentes mapas cargados, se ha escogido el de relación de aire combustible- RPM, cantidad de oxígeno. Figura. 3.29

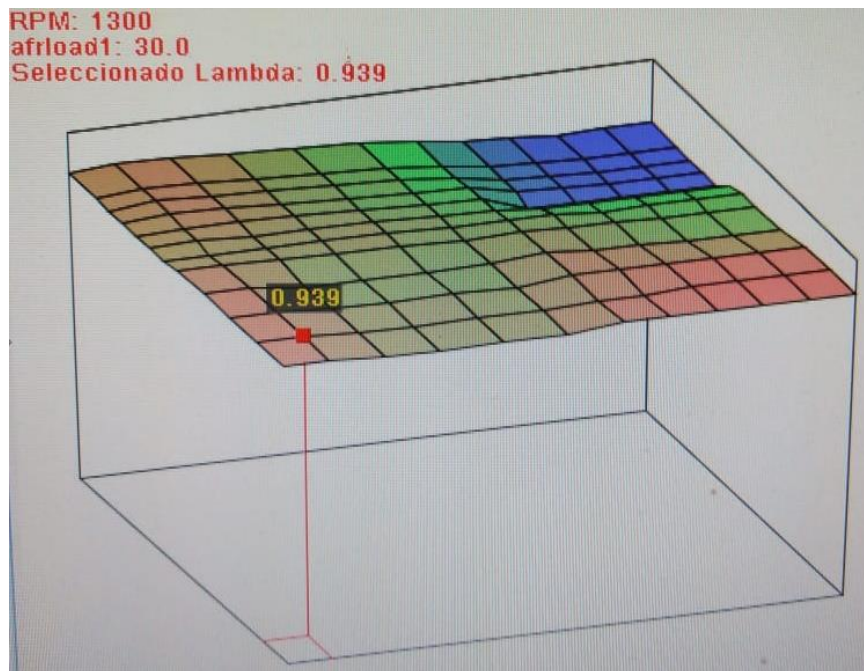


Figura 3.29 Mapa relación aire combustible- lambda-RPM

Finalmente, se muestra el mapa de la carga de encendido- rpm- grado de avance. Figura 3.30

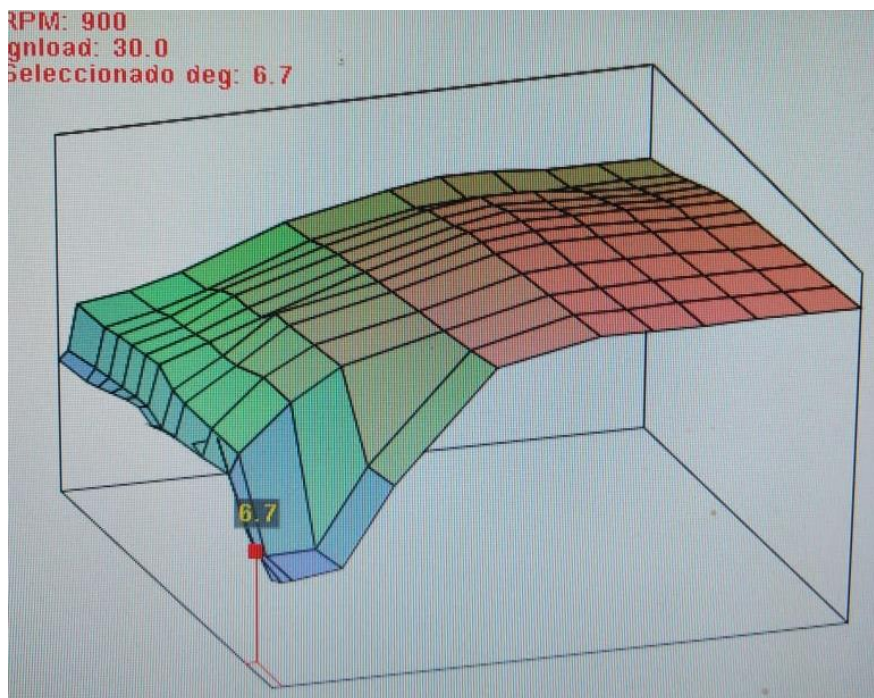


Figura 3.30 Mapa carga de combustible de encendido- ángulo de avance- RPM

3.7 PRUEBA DE EMISIONES

Los resultados de la prueba de emisiones se consignan en el siguiente reporte, lo cual muestra que en verdad los valores se encuentran dentro de la norma INEN 2204

Tabla 3.4 Análisis de gases de escape

CO	0,02 %
CO2	0,2 %
HC	389 ppm.
O2	15,03 %

Observando los valores de los componentes emitidos a través del escape se puede ver que hay una pequeña disminución de los valores, especialmente en los hidrocarburos, con lo que se puede desde ya justificar el reemplazo del sistema de carburación por el de inyección.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El cambio de sistema de carburador a inyección electrónica requirió el acoplamiento de varios elementos tales como: riel de inyectores diseñado y fabricado para este motor, inyectores, bomba de combustible, la ECU Mega Squirt EFI, bobina de encendido, sensores (CKP; TPS; ECT; Lambda), sistema eléctrico, cañerías, otros, obligando por lo tanto a realizar la instalación de la ECU con el programa Tuner Studio MS, con los parámetros estándar recomendados por los fabricantes, con todo lo cual se concluye que no basta con instalar los elementos propios de la inyección, sino que además tienen que probarse en su conjunto para que funcionen armoniosamente dentro del sistema, se logró eficazmente en este trabajo.
- La instalación de la Raspberry tipo Pi 3 B+, con un procesador: Broadcom BCM2835 SoC full HD, con un interfaz adecuado para este tipo de trabajos y 40 pines GPIO para conectar varios elementos, permitirán el acceso a un sistema remoto para el arranque de motor, en este caso se lo hizo para un móvil, mismo que estará en

manos del propietario, lo que constituirá un elemento de seguridad en caso de que se trate de un vehículo.

- Se verificó un comportamiento correcto en los sensores, y actuadores mediante pruebas con un osciloscopio para comprobar que las señales enviadas a la computadora estén dentro de los parámetros normales, logrando con ello una reducción de emisiones, un 25% de HC, no obstante que la computadora es apropiada para vehículos de competición y su diseño apunta a dar potencia al motor, aunque sea en detrimento de su relación estequiométrica.

4.2. RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de carga variable para estudiar el comportamiento de los elementos y el motor.
- Implementar otras funciones a la Raspberry, asignándole una función del motor, que no sea solo la de encendido remoto, por ejemplo, control del ECT.
- Implementar un múltiple de admisión que permita alojar el sensor MAP para poder reducir emisiones de gases contaminantes y verificar las emisiones de gases para nuevos combustibles, es decir, diferentes mezclas de gasolina y alcohol.

REFERENCIAS

- Arias, J. (s.f.). *www.Jonathanariasramirez.com*. Obtenido de <http://jonathan.ariasramirez.com/download/raspberry/1/files/raspbian-jessie-lite.zip>
- Artero, O. (2013). *Arduino. Curso practicode formacion*. Madrid: RC Libros.
- Association, S. C. (s.f.). *www.sdcard.org*. Obtenido de https://www.sdcard.org/downloads/formatter_4/eula_windows/SD_CardFormatter0500SetupEN.exe
- Automecánico. (s.f.). *automecanico.com*. Obtenido de <http://automecanico.com/auto2027/bbooster06.pdf>
- Barbecho F., m. M. (2010). Implementación de un sistema Multipunto a punto a un motor daewoo G15F y construcción de un banco de pruebas.. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://vdocuments.mx/google-reader/tesis-daewoo>
- Booster, B. (s.f.). *www.encendido electrónico.com*. Obtenido de <https://encendidoelectronico.com/sensores-tps/sensores-tps-parte-1/>
- Booster, Beto. (s.f.). *www.encendidoelectronico.com*. Obtenido de <https://encendidoelectronico.com/sistemas-ralenti/control-de-marcha-minima-parte-1/>
- Borja, N. (2014). *www.noticias.coches.com*. Obtenido de <https://noticias.coches.com/consejos/inyeccion-del-combustible-que-es-y-cuales-son-los-tipos-principales/148976>
- Bosch. (s.f.). *www.boschautopartes.mx*. Obtenido de [http://www.boschautopartes.mx/Cat%C3%A1logos/Documents/Cat%C3%A1logo%20Engine%20Management%202015\(LR\).pdf](http://www.boschautopartes.mx/Cat%C3%A1logos/Documents/Cat%C3%A1logo%20Engine%20Management%202015(LR).pdf)
- Buendía, R. (18 de noviembre de 2017). *www.motorpasion.com*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/inyeccion-multipunto-vs-inyeccion-directa-en-realidad-son-tan-diferentes>
- Castells, E. (2000). *Reciclaje y Tratamiento de Residuos Diversos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- CINAE. (2018). *www.cinae.org.ec*. Obtenido de https://www.cinae.org.ec/Anuario/anuario_2018.pdf
- Control Real Español. (s.f.). *controlreal.com*. Obtenido de <https://controlreal.com/es/sensores-definicion-y-caracteristicas/>

- Doutel, f. (21 de noviembre de 2012). *www.xataka.com*. Obtenido de <https://www.xataka.com/componentes/con-la-raspberry-pi-el-limite-lo-pones-tu-aprende-que-puedes-hacer-ii>
- Dr. Injector. (s.f.). *www.docinjector.com*. Obtenido de <http://www.docinjector.com/info1.htm>
- DUAP ECUADOR. (s.f.). *duap-ecuador.com*. Obtenido de <http://www.duap-ecuador.com/es/empresa/>
- García, A. (2016). *www.panamahitek.com*. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-mosfet/>
- García, D. (2017). *www.intarcesoft.com.ve*. Obtenido de <http://www.intarcesoft.com.ve/es/automotriz/como-funciona-el-sensor-ckp.html>
- Geocities. (s.f.). *www.geocities.ws*. Obtenido de <http://www.geocities.ws/mecanicoweb/mm.htm>
- Haya, S. (2015). *Motores de inyección directa de encendido por*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- INEN. (s.f.). *WWW.AEADE.NET*. Obtenido de <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf>
- Isa, M. (s.f.). *www.isa.cie.uva.es*. Obtenido de <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>
- Jara, E. (2011). Desarrollo de un banco emulador universal para señales de sensores automotrices resistivos, inductivos y efecto hall, e implementación para los laboratorios de la escuela de ingeniería automotriz. Riobamba, Ecuador.
- JPM, M. (s.f.). *www.microjpm.com*. Obtenido de <https://www.microjpm.com/products/ad28435/>
- Lara, E. (13 de Octubre de 2015). *hetpro-store.com*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sim900-gsm-shieldarduino/>
- Loi, N. G. (2016). *Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Barcelona: Ediciones ENI.
- Lovato. (s.f.). *www.lovatogas.com*. Obtenido de http://www.lovatogas.com/php/spa/otros_componentes_detail/id_24_prodotto_riel-inyectores-kp.html
- Manuel, R. (s/f). *slideshare.net*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/MANUELRUIZ197/>
- Mecánica Fácil. (s.f.). *www.mecanicafacil.info*. Obtenido de http://www.mecanicafacil.info/Sensor_de_presion_del_aire_de_admision_MAP.html

- mecanicAPP. (13 de 10 de 2017). *mecanicappweb.com*. Obtenido de <http://mecanicappweb.com/alpha-n-speed-density-y-mass-flow/>
- Molina, B. (2007). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PROTOTIPOS DE INYECCION- Tesis*. Iatacunga: ESPE.
- Nevot, J. (s.f.). *capítulo II fundamentos del control de la mezcla*. Obtenido de https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5933/2Fundamentos_controlmezcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Niva, F. C. (s.f.). *www.clubniva.com*. Obtenido de <https://www.clubniva.com/foro/carburacion-y-encendido/3474-bobina-de-encendido-1-7-inyecci%C3%B3n-multipunto>
- OBDII. (s.f.). *www.e-auto.com.mx*. Obtenido de <http://www.e-auto.com.mx/enev/index.php/85-boletines-tecnicos/6882-sensor-maf>
- Parera, M. (1990). *Inyección electrónica en motores de gasolina*. Buenos Aires: Marcombo.
- Petrolhead Garage. (s.f.). *www.petrolheadgarage.com*. Obtenido de <https://petrolheadgarage.com/Posts/como-funciona-ckp/>
- PSM. (SF). manual de usuario. *Inyección Programable Mega Squirt*. Argentina.
- Salazar, C. (DICIEMBRE de 2001). *sistemasde encendido e inyección electrónicas*. Obtenido de [docs.google.com: https://docs.google.com/file/d/0B1WvXuSVyhHqMDZ1Z0FIZFJZNXM/edit](https://docs.google.com/file/d/0B1WvXuSVyhHqMDZ1Z0FIZFJZNXM/edit)
- STMicroelectronics. (2000). *Dual full-Bridge Driver*. Obtenido de www.st.com: https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf
- Tecnoweb.com. (s.f.). *int.search.tb.ask.com*. Obtenido de https://int.search.tb.ask.com/search/AJimage.jhtml?&n=78486ee7&p2=%5EBA5%5Exdm498%5ELMESLA%5Eec&ptb=18AA408C-A69D-4F09-A2ED-7E2C23B18401&qS=&si=EAIAIQobChMIwteXuoP-2AIV1AuGCh0-_wBuEAEYASAAEgLOkvD_BwE&ss=sub&st=sb&tpr=sbt&enc=2&searchfor=eV6QupQwd2OWQADPXj
- Virtual, t. (17 de mayo de 2017). *www.actualidadmotor.com*. Obtenido de <https://www.actualidadmotor.com/sistemas-de-inyeccion/>
- Volkswagen. (s.f.). *docplayer.es*. Obtenido de <https://docplayer.es/3352081-Service-programa-autodidactico-233-motor-de-2-0-ltr-diseno-y-funcionamiento.html>

ANEXOS

ANEXO I

PROGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE RASPBERRY COMO ROUTER

Comando dentro de la interfaz

```
sudo apt-get install dnsmasq hostapd
```

Esto hace que se instale los paquetes de archivos necesarios.

escribir:

```
sudo nano /etc/dhcpd.conf
```

agregar:

```
denyinterfaces wlan0
```

guardar y salir

abrió otro archivo con el comando

```
sudo nano /etc/network/interfaces
```

reemplazar wlan0 con:

```
allow-hotplug wlan0
```

```
iface wlan0 inet static
```

```
address 172.24.1.1
```

```
netmask 255.255.255.0
```

```
network 172.24.1.0
```

```
broadcast 172.24.1.255
```

guardar, salir. Luego se escribió los siguientes comandos en la interfaz

1. `sudo service dhcpd restart`
2. `sudo ifdown wlan0; sudo ifup wlan0`

Abrir otro archivo con: `sudo nano /etc/hostapd/hostapd.conf`

escribir código:

```
# This is the name of the WiFi interface we configured above
```

```
interface=wlan0
```

```
# Use the nl80211 driver with the brcmfmac driver
```

```
driver=nl80211
```

```

# This is the name of the network
ssid=SmartCar
# Use the 2.4GHz band
hw_mode=g
# Use channel 6
channel=6
# Enable 802.11n
ieee80211n=1
# Enable WMM
wmm_enabled=1
# Enable 40MHz channels with 20ns guard interval
ht_capab=[HT40][SHORT-GI-20][DSSS_CCK-40]
# Accept all MAC addresses
macaddr_acl=0
# Use WPA authentication
auth_algs=1
# Require clients to know the network name
ignore_broadcast_ssid=0
# Use WPA2
wpa=2
# Use a pre-shared key
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
# The network passphrase
wpa_passphrase= "Contraseña del wifi"
# Use AES, instead of TKIP
rsn_pairwise=CCMP

```

guardar y salir

Se abrió otro archivo: `sudo nano /etc/default/hostapd` el cual se reemplazó con:

```
#DAEMON_CONF="" con: DAEMON_CONF="/etc/hostapd/hostapd.conf"
```

guardar y salir.

Con el comando en la interfaz: `sudo mv /etc/dnsmasq.conf /etc/dnsmasq.conf.orig`

abrir el siguiente archivo: `sudo nano /etc/dnsmasq.conf`, en el cual se escribe el archivo:

```
interface=wlan0    # Use interface wlan0
listen-address=172.24.1.1 # Explicitly specify the address to listen on
bind-interfaces    # Bind to the interface to make sure we aren't sending things elsewhere
server=8.8.8.8     # Forward DNS requests to Google DNS
domain-needed     # Don't forward short names
bogus-priv        # Never forward addresses in the non-routed address spaces.
dhcp-range=172.24.1.50,172.24.1.150,12h # Assign IP addresses between 172.24.1.50 and
172.24.1.150 with a 12 hour lease time
```

Se guardó y salió.

acceder nuevamente al archivo: `sudo nano /etc/sysctl.conf`, eliminar el `#` a la línea: `net.ipv4.ip_forward=1`. guardar y salir.

escribir los siguientes comandos en orden uno por uno:

```
sudo sh -c "echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward"
sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
sudo iptables -A FORWARD -i eth0 -o wlan0 -m state -- state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
sudo iptables -A FORWARD -i wlan0 -o eth0 -j ACCEPT
sudo sh -c "iptables-save > /etc/iptables.ipv4.nat"
```

abrir el siguiente archivo: `sudo nano /etc/rc.local` y copiar la siguiente línea sobre o antes de `"exit 0"` : `iptables-restore < /etc/iptables.ipv4.nat` . guardar y salir

Para terminar se escribe los dos siguientes comandos:

```
sudo service hostapd start
sudo service dnsmasq start
```

reiniciar la raspberry con el siguiente comando: `sudo reboot -n`

ANEXO II

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE MONTAJE Y PRUEBAS



Figura 0.1 Motor antes de ser transformado y su base



Figura 0.2. Pruebas de funcionamiento



Figura 0.3 Motor en el banco, antes de ser transformado

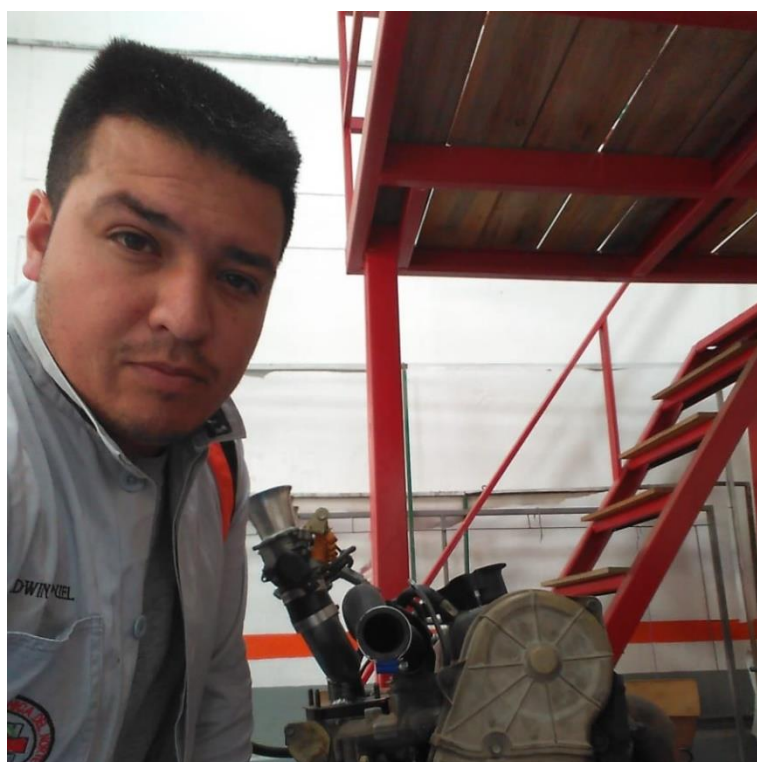


Figura 0.4 Autor y el motor ya transformado al fondo

ANEXO III

UBICANDO CONTROLADOR RASPBERRY PI PARA EL ENCENDIDO REMOTO DEL MOTOR

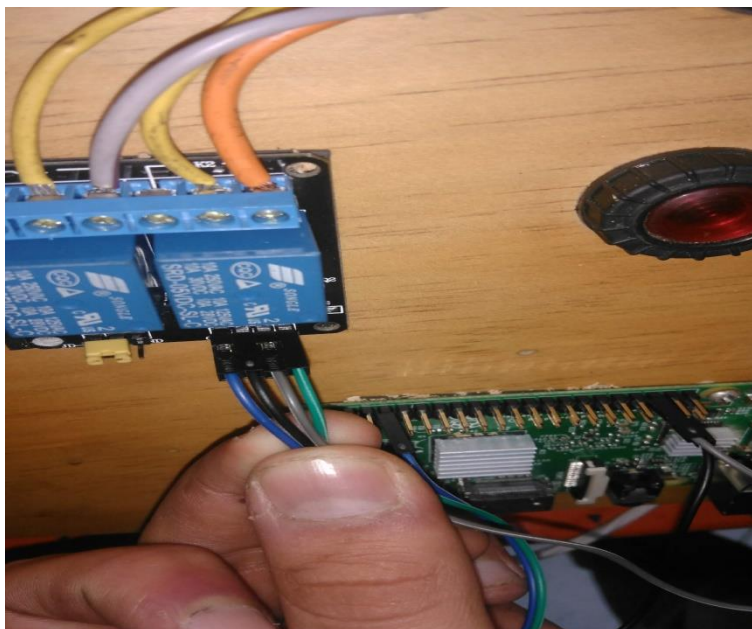


Figura 0.5 Instalando controlador Raspberry pi

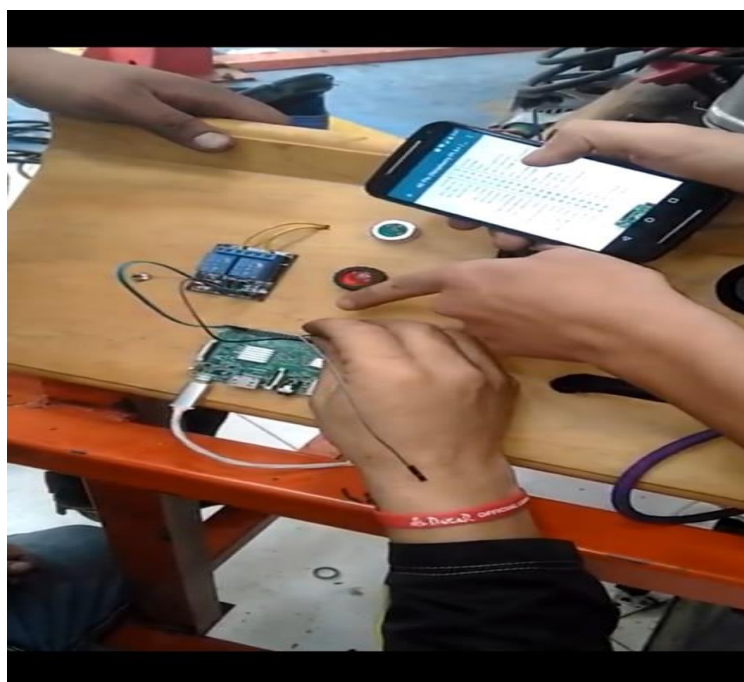


Figura 0.6 Conectando puertos GPIO